

LUIZ FORNAZZARI NETO

**INTEGRAÇÃO DE DADOS EXPLORATÓRIOS MULTIFONTE
EM AMBIENTE SIG, APLICADA À PROSPECÇÃO
DE OURO NA FOLHA BOTUVERÁ - SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre em Geologia,
Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de
Concentração Geologia Exploratória, Setor de
Ciências da Terra, Universidade Federal do
Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Francisco José Fonseca Ferreira

Co-orientador: Prof. Dr. Sidnei Pires Rostirolla

CURITIBA

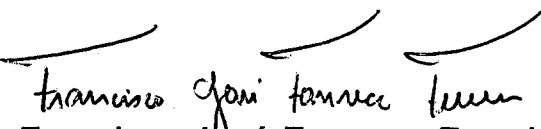
2001

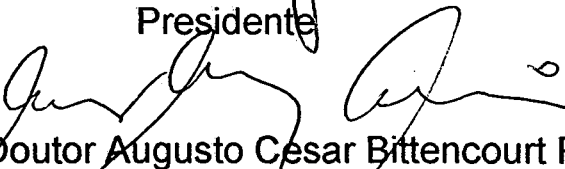
TERMO DE APROVAÇÃO

LUIZ FORNAZZARI NETO

“INTEGRAÇÃO DE DADOS EXPLORATÓRIOS MULTIFONTE
EM AMBIENTE SIG, APLICADA À PROSPECÇÃO DE OURO
NA FOLHA BOTUVERÁ-SC”

Dissertação de mestrado aprovada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em
Geologia, com área de concentração em Geologia Exploratória,
da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada
pelos Professores:


Professor Doutor Francisco José Fonseca Ferreira
Presidente


Professor Doutor Augusto Cesar Bittencourt Pires


Professora Doutora Maria José Maluf de Mesquita

Curitiba, 14 de dezembro de 2001.

DEDICATÓRIA

Dedico este esforço aos meus pais Luiz Carlos e Maria Christina que desde cedo sempre incentivaram os estudos, cuidando de todos os detalhes. E também àquela que me compreende, atura e apóia incondicionalmente, em todos os momentos, a minha companheira Kátia a quem amo e admiro.

AGRADECIMENTOS

Um trabalho como este não é realizado de maneira automatizada e isolada, é sim, fruto de um amadurecimento que é atingido não somente através da teoria e sua aplicação, mas também do convívio e troca de experiências pessoais e profissionais. Desta forma agradeço a todos aqueles que colaboraram através de discussões técnicas, palavras de apoio e incentivo, ou simples compreensão nos momentos de *stress*.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), primeira no país, a qual freqüento desde a graduação e prezo como "ainda" entidade pública e gratuita que nos dias de hoje incentiva e desenvolve o ensino, a pesquisa e a extensão com grande empenho.

À Capes, ao Curso de Pós-Graduação e ao Departamento de Geologia da UFPR, pela oportunidade dada.

Ao Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada - LPGA, pela acolhida e disponibilização de sua estrutura, e aos seus integrantes: Prof. Francisco José Fonseca Ferreira grande incentivador da geofísica aplicada, orientador desta pesquisa; Maximiliam Forlin que sempre colaborou com as minhas pesquisas desde a graduação; os estagiários Silvana, Zequinha e Adriane, sendo esta última uma colaboradora direta do trabalho através de bolsa de iniciação científica, além de Rodoilton Stevanato, que por vezes um tanto ranzinza com a organização do laboratório, porém um grande companheiro, pelas discussões de cunho geológico e político, em alguns finais de tarde na farmacinha, juntamente com o Betinho, o Artur e o Chico.

Ao Prof. Sidnei Pires Rostirolla, pela oportunidade de compartilhar um dia de campo na região do MCB, a qual apesar de curta, foi importante para a caracterização geológica e estrutural da ocorrência.

À Profa. Eleonora Vasconcellos, sempre com a porta de seu gabinete aberta e disposta a auxiliar nas pesquisas, que contribuiu sobremaneira nas caracterizações petrográficas.

Aos colegas da Pós-Graduação, Rossano, Kátia, Gerson, Sandra, Pio, Marcio, *Cal* e *Bambam*, cuja amizade foi cultivada através da convivência.

Aos amigos *Ninja*, pelas palavras de incentivo nas horas certas e Sandro

Villa Nova pelo companheirismo nas andanças geológicas pela região de Botuverá, e Marcelo Borges (*Gardenal*), que em Florianópolis foi um grande anfitrião.

Aos Prof. Eduardo Salamuni pelos importantes conselhos e ao Prof. Riad Salamuni, exemplo de determinação e amor à geologia, que procuro seguir.

À Gold Standard Minas S.A., pela disponibilização dos dados geoquímicos de canal do MCB, importantes para a caracterização da ocorrência e à Mineração Auropaula e Novo Prisma na pessoa do Sr Davi, prospector que com sua bateia vasculha a região a procura de ouro com grande entusiasmo.

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Superintendência Regional de Porto Alegre, na pessoa do geólogo Toniolo pela colaboração e disponibilização de dados da região de Brusque e Botuverá-SC. Igualmente ao Sr. Mario Metelo a cessão dos dados aerogeofísicos do Projeto Serra do Mar Sul.

“ A profissão de geólogo de exploração de recursos minerais é absolutamente incompatível com o sistema de acabar um curso universitário e nunca mais abrir um livro.”

Carlos Walter Marinho Campos

SUMÁRIO

LISTA DE FOTOS	xi
LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 LOCALIZAÇÃO, ACESSO E INFRAESTRUTURA	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.3 HISTÓRICO DA PROSPECÇÃO NA ÁREA	5
1.4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	6
1.4.1 Embasamento	9
1.4.2 Complexo Brusque	11
1.4.3 Granitóides	12
1.4.4 Bacia de Itajaí	13
1.4.5 Geologia Estrutural	14
2. METODOLOGIA	16
3. BASE DE DADOS	18
3.1 GEOLOGIA DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	18
3.2 METALOGENIA DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	23
3.2.1 Ocorrência do Tigrano	25
3.2.2 Ocorrência do Braço da Cristalina	26
3.2.3 Região do Morro do Carneiro Branco	29
3.3 FOLHA TOPOGRÁFICA BOTUVERÁ	31
3.4 IMAGEM DE SATÉLITE	32
3.5 PROJETO AEROGEOFÍSICO SERRA DO MAR SUL	34
3.6 GEOQUÍMICA	37
4 TRATAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS DADOS	40

4.1	MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO	40
4.2	INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM LANDSAT/TM5	42
4.3	PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS	45
4.3.1	Aeromagnetometria	47
4.3.1.1	Micronivelamento	49
4.3.1.2	Redução ao Pólo	54
4.3.1.3	Susceptibilidade magnética aparente	56
4.3.1.4	Continuação para cima	58
4.3.1.5	Amplitude e fase do sinal analítico	60
4.3.1.6	Derivadas do campo magnético	61
4.3.1.7	Gradiente Horizontal	62
4.3.1.8	Interpretação Magnetométrica	70
4.3.1.8.1	Domínios Magnéticos	71
4.3.1.8.2	Lineamentos Magnéticos	73
4.3.2	Aerogamaespectrometria	78
4.3.2.1	Análise crítica dos dados	81
4.3.2.2	Processamento gamaespectrométrico	86
4.3.2.2.1	Análise gamaespectrométrica através de imagens	97
4.3.2.2.2	Análise Gamaespectrométrica através de perfis -definição de alvos exploratórios e assinaturas geofísicas	114
4.4	PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOQUÍMICOS	124
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB)	130
5.1	CARACTERIZAÇÃO GEOLOGIA	130
5.2	CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA	140
5.3	CARACTERIZAÇÃO GAMAESPECTROMÉTRICA TERRESTRE	146
5.4	CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	152
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	158
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	3
FIGURA 02 - MAPA GEOTECTÔNICO ESQUEMÁTICO INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO	8
FIGURA 03 - MODELO GEOTECTÔNICO E PERFIL GRAVIMÉTRICO NORTE-SUL (ANOMALIA DE BOUGUER) DA REGIÃO SUL DO BRASIL INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO	9
FIGURA 04 - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO	10
FIGURA 05 - FLUXOGRAMA GERAL DAS ETAPAS DA PESQUISA, INDICANDO A BASE DE DADOS (BLOCOS PRETOS), OS PROCESSOS (BLOCOS VERMELHOS) E OS RESULTADOS (BLOCO VERDE)	17
FIGURA 06 - MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	19
FIGURA 07 - ÁREAS FAVORÁVEIS, ZONAS E ESTAÇÕES ANÔMALAS E OCORRÊNCIAS DE OURO EM ROCHA E CONCENTRADOS DE BATEIA DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	24
FIGURA 08 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA OCORRÊNCIA DE OURO DO BRAÇO DA CRISTALINA-SC	27
FIGURA 09 - MAPA DE CURVAS DE NÍVEL E REDE DE DRENAGEM DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	31
FIGURA 10 - IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT/TM5 (COMPOSIÇÃO RGB-543) DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	33
FIGURA 11 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PROJETO AEROGEOFÍSICO SERRA DO MAR SUL INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO	35
FIGURA 12 - MAPA DE AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS DE CORRENTE E CONCENTRADOS DE BATEIA COM CONTAGEM DE PINTAS DE OURO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	38
FIGURA 13 - MAPA DE AMOSTRAGEM GEOQUÍMICA DE ROCHA E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	39
FIGURA 14 - MODELO DIGITAL DE TERRENO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	41
FIGURA 15 - LINEAMENTOS EXTRAÍDOS DA IMAGEM LANDSAT/TM5 E OCORRÊNCIAS DE OURO	43
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE ROSETA DOS LINEAMENTOS EXTRAÍDOS DA IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT/TM5	44
FIGURA 17 - MAPA DE LINHAS DE VÔO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC	46
FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROMAGNETOMÉTRICOS	48
FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DETALHADO DO MICRONIVELAMENTO	51
FIGURA 20 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 225°, INDICANDO AS LINHAS DE VÔO	52
FIGURA 21 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL MICRONIVELADO, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 225°, INDICANDO AS LINHAS DE VÔO	52
FIGURA 22 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL MICRONIVELADO, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	53
FIGURA 23 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL REDUZIDO AO PÓLO, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	55
FIGURA 24 - MAPA DA SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	57
FIGURA 25 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL CONTINUADO PARA CIMA (1000M), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	59
FIGURA 26 - MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (0), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	63
FIGURA 27 - MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (0), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	64
FIGURA 28 - MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL DE ORDEM ZERO (0), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	65

FIGURA 29 - MAPA DA PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	66
FIGURA 30 - MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM UM (1), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	67
FIGURA 31 - MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL DE ORDEM UM (1), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	68
FIGURA 32 - MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM DOIS (2), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°	69
FIGURA 33 - MAPA DE DOMÍNIOS MAGNÉTICOS	72
FIGURA 34 - MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE FONTES PROFUNDAS	74
FIGURA 35 - MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE FONTES RASAS	75
FIGURA 36 - DIAGRAMA DE ROSETA DOS LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE FONTES RASAS	77
FIGURA 37 - FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROGAMAESPECTROMÉTRICO	80
FIGURA 38 - PERFIL DOS DADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS ORIGINAIS E TRANSFORMADOS DO LEVANTAMENTO SERRA DO MAR SUL	82
FIGURA 39 - GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS K (ppm E %); Th (ppm E CPS) E U (ppm E CPS)	83
FIGURA 40 - HISTOGRAMAS DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS ORIGINAIS (CPRM, 1978) E TRANSFORMADAS (BARMP, 1997)	84
A) K(PPM) E K(%); B) Th(ppm) E Th(CPS); C) U(CPS) E U(ppm)	84
FIGURA 41 - MAPAS COLORIDOS DE K(CPS E %), Th(CPS E ppm); E U(CPS E ppm)	85
FIGURA 42 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO INDICANDO AS UNIDADES AVALIADAS PELA GAMAESPECTROMETRIA E A POSIÇÃO DOS PERFIS EMPILHADOS	88
FIGURA 43 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DE POTÁSSIO (%) CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA	89
FIGURA 44 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DE TÓRIO (ppm) CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA	89
FIGURA 45 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DE URÂNIO (ppm) CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA	89
FIGURA 46 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DO PARÂMETRO F CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA	90
FIGURA 47 - CORRELAÇÃO ENTRE Th(ppm) E K(%) PARA OS GRANITÓIDES	93
FIGURA 48 - CORRELAÇÃO ENTRE K (%) E U (ppm) PARA OS GRANITÓIDES	94
FIGURA 49 - CORRELAÇÃO ENTRE A RAZÃO Th/K E O PARÂMETRO F PARA OS GRANITÓIDES	94
FIGURA 50 - CORRELAÇÃO ENTRE KD (CALCULADO INDIVIDUALMENTE PARA CADA CONJUNTO GRANITOIDE) E PARÂMETRO F PARA OS GRANITÓIDES	95
FIGURA 51 - CORRELAÇÃO ENTRE KD (CALCULADO EM FUNÇÃO DA MÉDIA DE K E TH DE TODA A ÁREA DE ESTUDO) E O PARÂMETRO F PARA OS GRANITÓIDES	95
FIGURA 52 - CORRELAÇÃO ENTRE KD E UD (CALCULADOS EM FUNÇÃO DAS MÉDIAS DE K, Th E U DA ÁREA DE ESTUDO)	96
FIGURA 53 - CORRELAÇÃO ENTRE KD E UD (CALCULADOS INDIVIDUALMENTE PARA CADA CONJUNTO GRANITOIDE)	96
FIGURA 54 - IMAGEM DO POTÁSSIO SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	98
FIGURA 55 - IMAGEM DO TÓRIO SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	99
FIGURA 56 - IMAGEM DO URÂNIO SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	101
FIGURA 57 - IMAGEM DA RAZÃO Th/K SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	102
FIGURA 58 - IMAGEM DA RAZÃO U/Th SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	104

FIGURA 59 - IMAGEM DA RAZÃO U/K SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	105
FIGURA 60 - IMAGEM DO POTÁSSIO NORMALIZADO PELO TÓRIO (KD) SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	106
FIGURA 61 - IMAGEM DO URÂNIO NORMALIZADO PELO TÓRIO (UD) SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	107
FIGURA 62 - IMAGEM DO PARÂMETRO F SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	109
FIGURA 63 - IMAGEM DA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB DE K, Th E U SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	111
FIGURA 64 - IMAGEM DA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB DE U/Th, U/K E Th/K SOBREPOSTA AO MDT E E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS.....	112
FIGURA 65 - IMAGEM DA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB DE F, KD E UD SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS	113
FIGURA 66 - MAPA DE ANOMALIAS DO PARÂMETRO F AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO.....	116
FIGURA 67 - MAPA DO POTÁSSIO ANÔMALO (KD) AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO	117
FIGURA 68 - MAPA DO URÂNIO ANÔMALO (UD) AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO...	118
FIGURA 69 - CORRELAÇÃO ENTRE O POTÁSSIO ANÔMALO (KD) E URÂNIO ANÔMALO (UD) DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1	119
FIGURA 70 -CORRELAÇÃO ENTRE A RAZÃO Th/K E O PARÂMETRO F DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1.....	119
FIGURA 71 - CORRELAÇÃO ENTRE O POTÁSSIO ANÔMALO (KD) E PARÂMETRO F DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1.....	120
FIGURA 72 - CORRELAÇÃO ENTRE O URÂNIO ANÔMALO (UD) E PARÂMETRO F DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1.....	120
FIGURA 73 - PERFIS GAMAESPECTROMÉTRICO E GEOLÓGICO EMPILHADOS A-A'	121
FIGURA 74 - PERFIS GAMAESPECTROMÉTRICOS E GEOLÓGICO EMPILHADOS B-B'	121
FIGURA 75 - PERFIS GAMAESPECTROMÉTRICOS E GEOLÓGICO EMPILHADOS C-C'	122
FIGURA 76 - MAPA DE ALVOS GAMAESPECTROMÉTRICOS/EXPLORATÓRIOS.....	123
FIGURA 77 – MAPA DE BACIAS AMOSTRADAS POR SEDIMENTOS DE CORRENTE .	125
FIGURA 78 – MAPA DE BACIAS, ANOMALIAS DE ARSÊNIO E ÁREAS FAVORÁVEIS PARA OURO.....	127
FIGURA 79 – MAPA DE BACIAS, TEORES DE PRATA E ÁREAS FAVORÁVEIS PARA OURO	128
FIGURA 80 - MAPA DE BACIAS ANÔMALAS EM PINTAS DE OURO E ÁREAS FAVORÁVEIS	129
FIGURA 81 -.MAPA DE PONTOS GEOLÓGICOS DA REGIÃO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB), MODIFICADO DE RIBAS (1991).....	131
FIGURA 82 -.MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO MODIFICADO DA REGIÃO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MBC), MODIFICADO DE RIBAS (1991)	131
FIGURA 83 - MAPA DE AMOSTRAGEM DE OURO EM ROCHA	133
FIGURA 84 - MALHA DE GEOQUÍMICA DE SOLO SOBRE O VEIO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB).....	134
FIGURA 85 – CROQUIS DE AMOSTRAGEM DE CANAIS NOS VEIOS DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DE OURO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB).....	138
FIGURA 86 - MAPA DE PONTOS DO LEVANTAMENTO GAMAESPECTROMÉTRICO TERRESTRE.....	146
FIGURA 87 - CROQUIS DE AMOSTRAGEM DE CANAIS E DE PONTOS DE LEITURA GAMAESPECTROMÉTRICA	150
FIGURAS 88 - CORRELAÇÕES GAMAESPECTROMÉTRICAS:ENTRE AS VARIÁVEIS U E K (A); Th/K E F (B); U E Th (C) E VALORES DE K OBTIDOS POR GAMAESPECTROMETRIA TERRESTRE E ANÁLISES QUÍMICAS.....	150

FIGURA 89 - DIAGRAMAS DE ROSETA DE PLANOS DE FRATURA, A) MEDIDAS NA ZONA DE CISALHAMENTO JUNTO AO VEIO PRINCIPAL E MILONITOS DA OCORRÊNCIA DO MCB E B) MEDIDAS NAS PAREDES DA GALERIA 1.....	154
FIGURA 90 - ESTEREOGRAMA DE SCHIMDT-LAMBERT, PROJEÇÃO HEMISFÉRIO SUPERIOR, A) DE PLANOS DA FOLIAÇÃO SN E B) DE PLANOS DE FOLIAÇÃO SN+1, MEDIDOS NOS MILONITOS DA OCORRÊNCIA DO MCB.....	155
FIGURA 91 - ESTRUTURAS GEOLÓGICAS, OCORRÊNCIAS DE OURO E NOVOS ALVOS EXPLORATÓRIOS PROPOSTOS NA PRESENTE PESQUISA, SOBREPOSTAS AO MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT).....	156
FIGURA 92 - MODELO ESTRUTURAL SINÓPTICO (A), SUGERIDO NESTA PESQUISA, INDICANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS CONHECIDAS DE OURO (●) E OS ALVOS EXPLORATÓRIOS (⊙); (B) DIAGRAMA COM INDICAÇÃO DA ZONA DE CISALHAMENTO PRINCIPAL (ZCP) E ESTRUTURAS DE SEGUNDA ORDEM.....	157

LISTA DE FOTOS

FOTO 01 - VISTA DA REGIÃO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB), ONDE OBSERVA-SE BLOCOS DE QUARTZO LEITOSO.....	30
FOTO 02 - DETALHE DO AFLORAMENTO <i>DAVI'S PIT</i> DA OCORRÊNCIA DO MCB.....	136
FOTO 03 - VISTA DO VEIO DE QUARTZO DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DO MCB, ONDE A ESPESSURA NÃO UTRAPASSA 1M.....	137
FOTO 04 - DETALHE DO VEIO DE QUARTZO E DOS MILONITOS DA ZONA DE CISALHAMENTO DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DO MCB.....	137
FOTO 05 - DETALHE DO GRANITOÍDE (MICRO-MONZOGRANITO HIDROTERMALIZADO), AMOSTRA CB-02, ENCAIXANTE DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DO MCB, O QUAL FOI ESTUDADO ATRAVÉS DE SEÇÃO DELGADA.....	141
FOTO 06 - ESTRADA FECHADA PELA VEGETAÇÃO DENSE, ONDE FOI REALIZADO O LEVANTAMENTO GAMAESPECTROMÉTRICO TERRESTRE NA REGIÃO DO MCB.....	147
FOTO 07 - PONTO DE LEITURA GAMAESPECTROMÉTRICA NA ZONA DE CISALHAMENTO (MILONITO), ENCAIXANTE DOS VEIOS MINERALIZADOS DA OCORRÊNCIA DO MCB, <i>DAVI'S PIT</i>	148

LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS

FOTOMICROGRAFIA 01– MICRO-SIENITO HIDROTERMALIZADO (LÂMINA CB-01)....	142
FOTOMICROGRAFIA 02 - MICRO-MONZOGRANITO HIDROTERMALIZADO LÂMINA (CB-02).....	143
FOTOMICROGRAFIA 03 - MILONITO (LÂMINA CB-03).....	144
FOTOMICROGRAFIA 04 – MILONITO (LÂMINA CB-04).....	145

LISTA DE TABELAS

TABELA 01- CARACTERÍSTICAS DO PROJETO AEROGEOFÍSICO SERRA DO MAR SUL (CPRM, 1978)	34
TABELA 02 - COMPARAÇÃO DA ESTATÍSTICA BÁSICA ENTRE AS VARIÁVEIS ORIGINAIS E AS RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DE BARMF (1997).....	82
TABELA 03 – ESTATÍSTICA BÁSICA DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS PARA TODA A ÁREA DE ESTUDO	86
TABELA 04 - MÉDIAS DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA ESTUDADA.....	87
TABELA 05 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV) DE K, Th, U, PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA ESTUDADA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	88
TABELA 06 - ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS DE CADA UNIDADE GEOLÓGICA.....	90
TABELA 07 - MÉDIAS DAS VARIÁVEIS GAMAESPETROMÉTRICAS CALCULADAS PARA CADA GRANITÓIDE	93
TABELA 08 – ESTATÍSTICA BÁSICA DE ARSÊNIO ANALISADO POR GERAÇÃO DE HIDRETOS, DE PRATA POR ABSORÇÃO ATÔMICA/ÁCIDO NÍTRICO, E PINTAS DE OURO	126
TABELA 09 - RESULTADOS ANALÍTICOS DE ROCHA COLETADAS EM CANAIS (C-1 A C-9, FIGURA 83) PERPENDICULARES A ZONA DE VEIOS DA OCORRÊNCIA DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB).	139
TABELA 10 – ESTATÍSTICA BÁSICA DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS TERRESTRES E DETERMINAÇÃO DE ANOMALIAS.	149
TABELA 11 – RESULTADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS E GEOQUÍMICOS DE CANAIS DO VEIO E ENCAIXANTES DO MCB.....	151

RESUMO

A pesquisa realizada envolveu a integração de dados exploratórios de fontes diversas, com enfoque prospectivo para ouro, na região da Folha Botuverá-SC, escala 1:50.000, limitada pelas coordenadas 27°00' e 27°15' de latitude sul e 49°00' e 49°15' de longitude oeste. O contexto geológico desta região é marcado por rochas metamórficas do complexo Brusque intrudidas por corpos granitóides de natureza sin a tardi-tectônicos de quimismo predominantemente metaluminoso a peraluminoso, cálcio-alcalinos a alcalinos, conhecidos como Valsungana e Guabiruba. Esta área encerra as mais importantes ocorrências de ouro da região leste catarinense, com destaque aos filões de quartzo do Morro do Carneiro Branco - MCB, ao qual se deu mais ênfase, Ribeirão das Águas Cristalinas e Tigrano, cujo entendimento genético e metalogenético ainda carece de estudos, apesar da sugestiva relação com os corpos granitóides e um importante controle estrutural por zonas de cisalhamento. Os dados disponíveis, mapa geológico e carta metalogenética da Folha Botuverá, Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul, incluindo magnetometria e gamaespectrometria, geoquímica de sedimentos de corrente, concentrados de bateia e de rocha do Projeto Brusque-Botuverá, além de dados geológicos e geoquímicos de projetos realizados por empresas de mineração que atuaram na região, formaram uma base de dados digital georreferenciada. Esta foi processada e integrada através de ferramentas disponíveis nos programas *AutoCad 14*, *ArcView 3.0a*, *Er-Mapper 6.1* e *Geosoft 4.5*. Priorizando-se os dados gamaespectrométricos, os quais apresentaram os melhores resultados, foram determinadas as respostas aéreas de K, Th e U e suas relações (razões Th/K, U/Th e U/K, Parâmetro $F=K*U/Th$, além de potássio e urânio normalizados pelo tório), nas ocorrências conhecidas, onde foi possível caracterizar suas assinaturas radiométricas e sugerir novos alvos exploratórios. Na área do MCB foi realizado um levantamento gamaespectrométrico terrestre que permitiu determinar sua assinatura, revelada por elevados valores do parâmetro F e baixas razões Th/K. Análise de seções delgadas de amostras dos granitóides e milonitos da zona de cisalhamento que encerra os veios mineralizados do MCB, demonstraram uma intensa sericitização e muscovitização, sugerindo uma alteração hidrotermal fílica, coerentes com as respostas geofísicas sobretudo a do potássio. Estes resultados, integrados em ambiente SIG aos demais dados geofísicos, geoquímicos e geológicos, possibilitaram propor três novos alvos exploratórios na Folha Botuverá. Uma caracterização estrutural preliminar efetuada através de lineamentos magnéticos, do satélite Landsat/TM5 e morfoestruturas derivadas do modelo digital de terreno, permitiu sugerir que as ocorrências do MCB, Braço da Cristalina, Tigrano, Três Barras e Russo, além dos novos alvos exploratórios, estão associadas à zonas de cisalhamento dextrais, contidas em uma megaestrutura sigmoidal, possivelmente associada à terceira fase de deformação regional.

Palavras-chave: Integração de dados exploratórios; geoprocessamento, assinatura gamaespectrométrica, magnetometria, prospecção de ouro, Botuverá

ABSTRACT

The research, which concerns gold exploration, involves integration of 1:50.000 data from several sources in the area of Botuverá SC (27°00'-27°15' S, 49°00'-49°15' W). The regional geological setting is marked by sin-late intrusion of the Valsungana/Guabiruba metaluminous to peraluminous and calc-alkaline to alkaline granitoids into the metamorphic rocks of the Brusque Complex. The studied area bears the most important occurrences of gold in Western Santa Catarina State, specially the filonous gold occurrences at Morro do Carneiro Branco – MCB, on which special emphasis is placed. Gold occurrences are also found in Ribeirão das Águas Cristalinas (Águas Cristalinas Creek) and Tigrano, the knowledge of whose genesis and metalogenesis is still limited despite their suggestive relation to the intruded granitoids and the important structural control by shear zones. Data from geological and metalogenetic mapping of the Botuverá region, from the Serra do Mar Sul airborne magnetometric and gammaspectrometric survey, from the Brusque-Botuverá stream sediment, pan concentrate and rock geochemical survey, and also from geological and geochemical work of mining companies form a georeferenced database that was processed and integrated using AutoCad R14, ArcView 3.0a, Er- Mapper 6.1 and Geosoft 4.5 software packages. With special emphasis being placed on the gammaspectrometric data, the airborne responses of K, Th and U and their relationships in (Th/K , U/Th and U/K , $F=K*U/Th$, and Th-normalized K and U), it was possible to determine new exploration targets from the radiometric signatures of known occurrences. In MCB, a terrestrial gammaspectrometric survey allowed signatures to be determined from high F values and low Th/K ratios. Analysis of thin sections of granitoid and mylonite from the shear zones suggests a phyllic hidrothermalism characterized by intense formation of sericite and muscovite crystals. From the integration geophysical, geochemical and geological results achieved in a GIS environment, three new exploration targets are determined in Botuvera Region. Structural analysis of magnetic lineaments, Landsat/TM5 imagery and morphostructures derived from digital terrain modeling indicate that the occurrences in MCB, Braço da Cristalina and Tigrano are associated to dextral shearing zones in a sigmoidal megastructure possibly related to a third phase of regional deformation.

Keywords: Exploratory integrated data, geoprocessing, gammaspectrometric signature, magnetometry, gold exploration, Botuverá.

1. INTRODUÇÃO

A exploração mineral envolve procedimentos de coleta, análise e integração de dados oriundos de várias fontes. A integração digital de dados geológicos, geofísicos, geoquímicos, de sensoriamento remoto e de outras informações georreferenciadas voltada à prospecção mineral, atualmente é realizada através de *software* e *hardware* específicos, aproveitando-se do grande avanço da geotecnologia presenciado nas duas últimas décadas. Assim, o geoprocessamento surge como uma metodologia que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação georreferenciada. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) constituem conjuntos de *hardware* e *software* que permitem o gerenciamento de dados espaciais, com realização de análises complexas, facilitando a tomada de decisões.

Tais avanços são igualmente marcantes e verificados no campo dos métodos geofísicos, em especial os magnetométricos e gamaespectrométricos. Tem sua contribuição aumentada pela facilidade de integração com dados de outras naturezas, como geológicos, geoquímicos e de relevo, estes últimos através de Modelo Digital de Terreno - MDT, além de imagens orbitais do tipo Landsat/TM.

A magnetometria, por envolver uma variável contínua no espaço, definida por um campo potencial de forças, requer uma série de transformações através de filtragens, as quais atualmente são facilitadas por programas relativamente acessíveis, disponíveis no mercado.

A gamaespectrometria, tradicionalmente utilizada como apoio ao mapeamento geológico regional e à prospecção mineral de urânio, experimentou avanços importantes nos últimos anos. Recentemente, a introdução de gamaespectrômetros de alta resolução e a transformação das contagens por segundo (cps) em concentrações de K (%), eU e eTh em ppm, acompanhada por um notável avanço das técnicas de geoprocessamento em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e dos sistemas de processamento digital de imagens, além do posicionamento por satélite (*Global Positioning System – GPS*), tem permitido extrair informações valiosas dos dados gamaespectrométricos em correspondência à integração de dados exploratórios multifonte. Uma das aplicações modernas da gamaespectrometria, aérea e terrestre, é a possibilidade de

identificação de áreas de alteração hidrotermal e o estabelecimento de suas relações com processos de mineralização de metais base (Cu-Pb-Zn), além de ouro e prata em vários ambientes geológicos (Shives *et. al.*, 1997).

1.1 LOCALIZAÇÃO, ACESSO E INFRAESTRUTURA

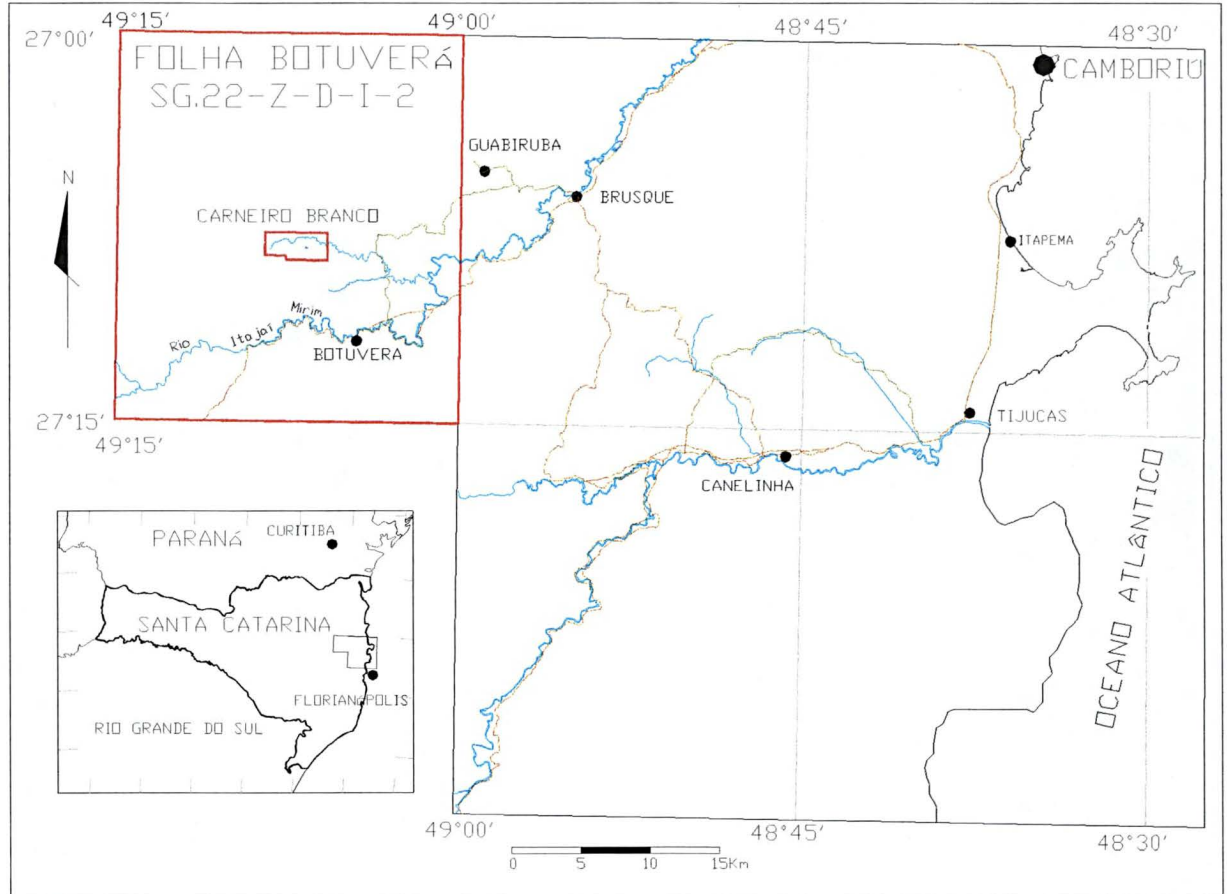
A área objeto de estudo, Folha Botuverá (SG.22-Z-D-I-2), escala 1:50.000, situa-se na porção centro-oriental do estado de Santa Catarina, região sul do Brasil, entre as coordenadas 27°00' e 27°15' de latitude sul e 49°00' e 49°15' de longitude oeste (Figura 01). Abrange porções dos municípios de Gaspar, Indaial, Blumenau, Guabiruba, Presidente Nereu, Brusque, Vidal Ramos, Nova Trento e Botuverá, sendo que apenas este último possui sua sede dentro dos limites da folha.

O acesso à esta região, a partir do *campus* do Centro Politécnico – UFPR, na cidade de Curitiba-PR, é realizado através da BR-376, sentido sul, até Garuva-SC e deste ponto pela BR-101 até a cidade de Itajaí-SC. A partir desta toma-se a rodovia SC-486 até a cidade de Brusque, onde pode-se seguir em direção a cidade de Botuverá pela mesma estrada ou prosseguir pela rodovia SC-420 em direção a Guabiruba, para adentrar a área de estudo por sua porção leste, totalizando cerca de 280 km.

As estradas no interior da área são precárias, principalmente às regiões mais acidentadas, onde é indicado o tráfego com veículo 4X4.

Apesar destas dificuldades para atingir alguns pontos importantes no interior da folha, principalmente as ocorrências de ouro, a localização, em termos de infraestrutura regional, é favorável, pois no entorno estão as cidades de Brusque e Blumenau, importantes pólos da indústria têxtil, e Itajaí, servida de porto e aeroporto.

FIGURA 01 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



1.2 OBJETIVOS

A pesquisa possui caráter metodológico com ênfase em um conjunto de métodos e técnicas aplicadas a um determinado objeto (região de estudo), visando o treinamento do mestrando na aplicação de novas tecnologias de tratamento da informação.

Desta forma, o presente trabalho enfoca uma série de ferramentas utilizadas na prospecção mineral com o objetivo principal de testá-las no estudo de mineralizações de ouro filoneano e na determinação de áreas favoráveis à sua ocorrência na Folha Botuverá-SC. Para tanto foram almejados os seguintes objetivos intermediários:

- a) Comparar, na área de estudo, os dados gamaespectrométricos originais do Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul (CPRM, 1978) com aqueles processados pelo BARMP (1997), os quais envolveram micronivelamento e transformação das contagens por segundo (cps) para (ppm) de U e Th e (%) de K, através da técnica *back calibration*;
- b) Avaliar o potencial do método gamaespectrométrico, aéreo e terrestre, na caracterização de áreas de alteração hidrotermal associadas a ocorrências de ouro;
- c) Testar novas técnicas de processamento de dados aeromagnetométricos para extração de lineamentos e domínios magnéticos;
- d) Verificar a resposta geoquímica de resultados analíticos de sedimentos de corrente e pintas de ouro nas áreas das principais ocorrências;
- e) Caracterizar de forma preliminar os elementos geológicos e estruturais presentes na ocorrência do Morro do Carneiro Branco (MCB) e,
- f) Verificar a relação entre as ocorrências de ouro filoneano conhecidas na área em função de sua distribuição espacial e estruturação geológica regional.

1.3 HISTÓRICO DA PROSPECÇÃO NA ÁREA

O interesse mineral pela região remonta, pelo menos, desde a década dos 30, conforme artigos publicados na década dos 50, destacando-se os filões auríferos do Braço da Cristalina, Ribeirão do Tigrano e Morro do Carneiro Branco, este último tratado com mais detalhe nesta pesquisa.

Foram realizados diversos trabalhos regionais envolvendo a área de estudo, destacando-se o mapeamento geológico da Folha Botuverá, em escala 1:50.000, do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), de Caldasso *et al.* (1995), acompanhado de uma carta previsional metalogenética.

Diversos requerimentos de pesquisa mineral junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, solicitados por algumas empresas, com destaque à Auropaula - Empresa de Mineração Ltda e Mineração Novo Prisma, cobriram parte da área com o objetivo de prospectar ouro.

Trabalhos de pesquisa, principalmente nos anos 80, foram realizados nas áreas das principais ocorrências, incluindo mapeamento geológico, geoquímica, abertura de trincheiras, poços e galerias, porém as mesmas não foram devidamente avaliadas e quantificadas, carecendo de estudos estruturais e sondagens. Apesar destas áreas não terem recebido decreto de lavra pelo DNPM, foram exploradas por empresas e garimpeiros. Segundo Toniolo *et al.* (1994), estas atividades nas áreas do MCB e Cristalina produziram juntas, nos anos de 1984 e 1985, quatro toneladas de minério com teores médios de 6 a 9 g/t de Au e 3,5 g/t de Ag. Parte destes dados, na forma analógica, foi recuperada digitalmente para o presente estudo.

Na ocorrência do MCB, após a etapa de lavra experimental e predatória, as quais modificaram substancialmente a conformação da paisagem natural do terreno, através de rebaixamentos e movimentação de material com tratores do porte D6, restou a exposição do veio principal ao longo de 150m, com espessuras variando de 0,5 a 2m, no geral "leitoso", praticamente desprovido de sulfetos, sendo que os mesmos são concentrados apenas em alguns locais e com baixos teores. Avaliações expeditas realizadas por alguns geólogos determinaram, diante de tal panorama, um baixo potencial para ocorrências econômicas em veios, apesar da insistência de um garimpeiro com experiência em exploração de ouro, o qual abriu uma frente com explosivos na porção central do veio. Tal frente revelou uma zona de

4 metros de veios de quartzo com sulfetos oxidados e estruturas em *boxwork*. Nesta exposição, denominada *Davis's pit*, o ouro proveniente das amostras moídas aparece concentrado no fundo da "cuia", equipamento do garimpeiro em forma de uma pequena bateia. Estes dados estimularam a reavaliação da ocorrência, confirmando a presença de ouro em rocha, decorrente da insistência do garimpeiro, com teores interessantes, os quais serão discutidos em capítulos subseqüentes.

Na última década, diversas incursões à ocorrência do MCB foram feitas por vários geólogos, na maioria com caráter de visita, pois há uma hostilidade local com relação a visitantes. Atualmente não há projetos de prospecção em andamento na região, apesar de algumas áreas que envolvem ocorrências de ouro estarem requeridas junto ao DNPM.

1.4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A geologia do Escudo Catarinense constitui um "quebra-cabeça", cuja complexidade é similar à apresentada pelos demais terrenos Pré-Cambrianos polideformados em outras regiões do País.

Neste contexto, são identificados e descritos na literatura quatro segmentos regionais, denominados terrenos granito-gnáissicos do Complexo Granulítico de Santa Catarina; septo de rochas supracrustais de baixo a médio grau de metamorfismo do Complexo Brusque, intrudidas por rochas granitóides sin a tardi-orogênicas (Suíte Valsungana/Guabiruba) e pós-transcorrência (Granitóide Faxinal); bacia de ante-país com sedimentos anquimetamórficos (Bacia de Itajaí) e terrenos gnaíssico-granulíticos da Microplaca Luís Alves (Figuras 02 e 03). Estes terrenos foram agrupados e re-agrupados de forma distinta pelos autores que trataram os ambientes geotectônicos da região sul do Brasil. Em função do enfoque temporal de seus trabalhos, uma mesma unidade foi considerada ora cratogênica, ora constituinte do cinturão móvel (Caldasso *et al.*, 1995).

As primeiras modelagens geotectônicas realizadas por Hasui *et al.* (1975), caracterizaram a região de estudo como pertencente à Província Mantiqueira, Setor Meridional, subdividida localmente de noroeste para sudeste em: a) Maciço Mediano de Joinville, incluindo os terrenos gnaíssico-granulíticos da região de Luís Alves; b)

Sistema Dobrado Tijucas, correspondente ao Complexo Brusque e granitóides e c) Maciço Mediano de Pelotas, correspondente ao complexo granítico-gnáissico (Figura 04).

Estes terrenos, exceto o Maciço de Joinville, constituem o Cinturão Dom Feliciano, definido por Fragoso César (1980) e dividido por Basei (1985) em Domínio Externo (Bacia do Itajaí), Domínio Intermediário (Complexo Brusque) e Domínio Interno (Maciço Mediano de Pelotas).

O Complexo Brusque é limitado por duas grandes zonas de falha, de direção NE-SW, uma a sul denominada Zona de Cisalhamento Major Gercínio e a outra a norte, conhecida como Zona de Cisalhamento Perimbó. Ressalta-se ainda uma zona de falha interna, denominada Itajaí-Mirim, com disposição geral na mesma direção.

Soares (1988) interpretou o Grupo Brusque como uma associação litológica e metamórfica originada no Proterozóico Médio, e a deformação e o metamorfismo impostos por colisão de blocos crustais em torno de 1000-800 Ma e 700-500 Ma. Este autor ainda associou o granitóide Valsungana a um magmatismo gerado em torno de 650 Ma, relacionado ao evento colisional neo-Proterozóico, do tipo I de Harris *et al.* (1986), com contribuição mantélica adquirida em um ambiente de arco magmático.

Basei (1996) considerou para a evolução geológica da região, uma colisão dextral oblíqua (ca. 535Ma), relacionada com as *nappes* do Grupo Brusque, com sentido de deslocamento para NW, refletindo, provavelmente, os esforços gerados entre o domínio costeiro e os metassedimentos do Grupo Brusque, ao longo da Zona de Cisalhamento Major Gercínio.

Soares *et al.* (2000) consideraram que a evolução geohistórica dos cinturões Dom Feliciano e Ribeira é bastante similar, tanto do ponto de vista tectônico e metamórfico, quanto pela evolução de suas bacias sedimentares, pré-sin-, tardi- e pós-colisionais.

O modelo tectônico da Figura 03, extraído de Mantovani *et al.* (1989) *apud* Rostirolla *et al.* (1999), ilustra a relação entre os grandes compartimentos geológicos regionais e suas respostas gravimétricas.

FIGURA 02 - MAPA GEOTECTÔNICO ESQUEMÁTICO INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO

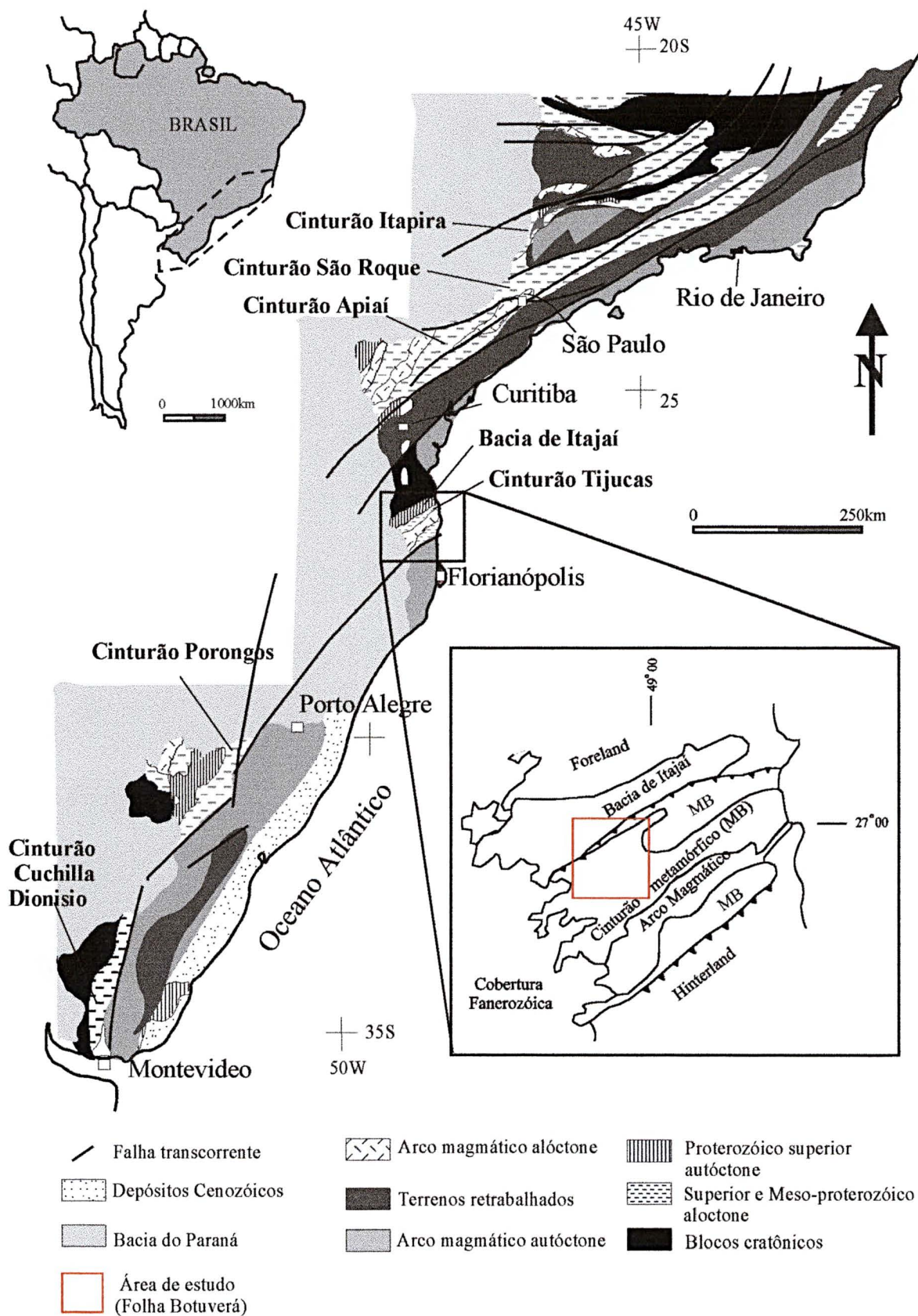
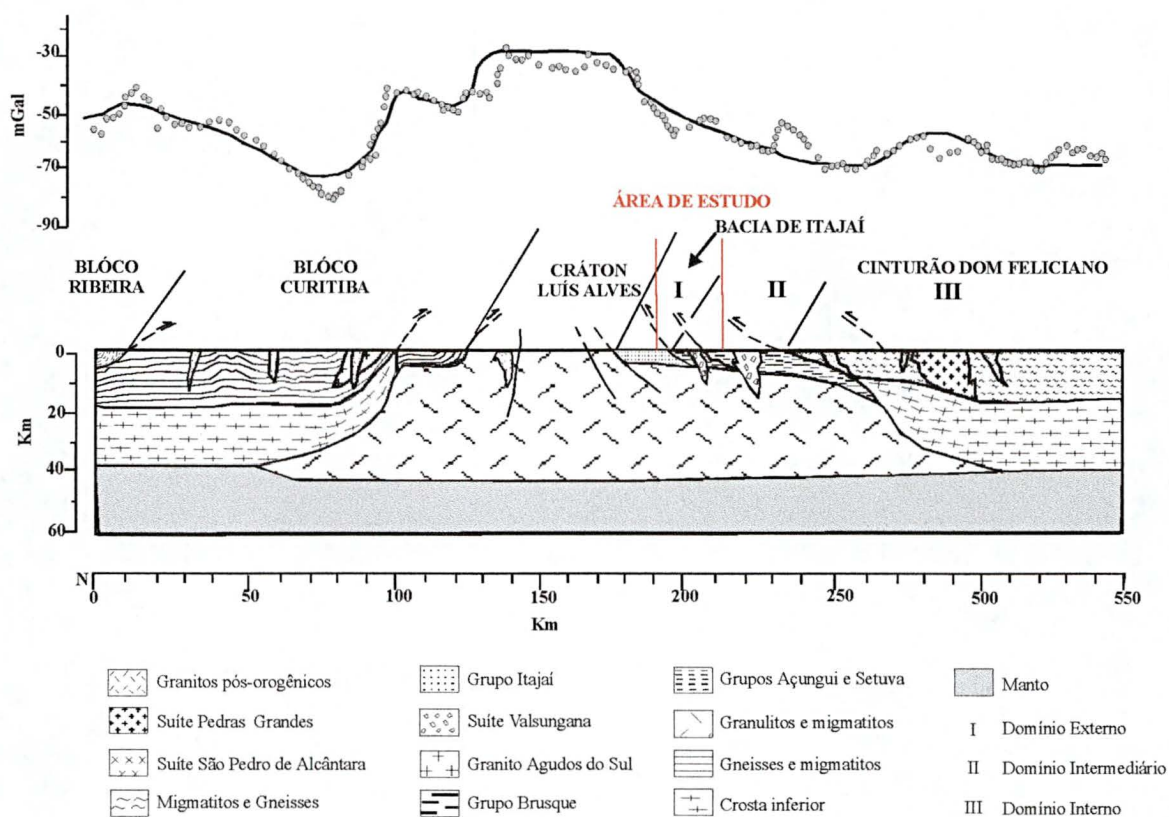
Fonte: Rostirolla *et al.* (1999)

FIGURA 03 - MODELO GEOTECTÔNICO E PERFIL GRAVIMÉTRICO NORTE-SUL (ANOMALIA DE BOUGUER) DA REGIÃO SUL DO BRASIL INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO



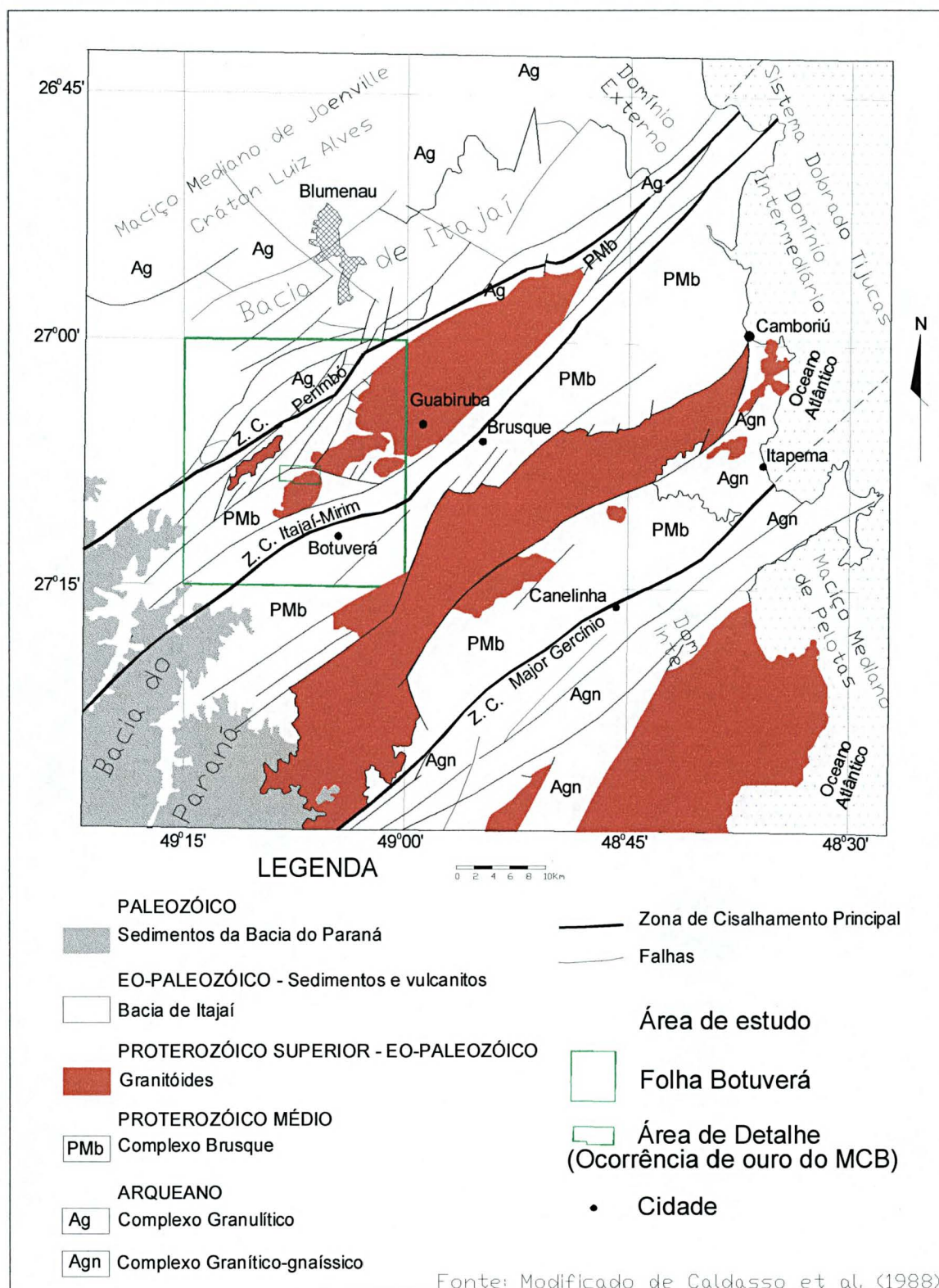
Fonte: modificado de Mantovani., (1989) apud Rostirolla *et al* (1999)

1.4.1 Embasamento

As rochas do embasamento, tanto do cinturão metamórfico do Complexo Brusque e granitóides, quanto da Bacia de Itajaí, que afloram a norte desta, e na faixa que a limita dos metamorfitos, e também a sul destes, são agrupadas no Complexo Granulítico de Santa Catarina, de idade Arqueana (2.8Ga), o qual constitui, segundo Hasui *et al.* (1975), quase a totalidade do Maciço Mediano de Joinville.

Constitui-se principalmente de gnaisses hiperstênicos, quartzo-feldspáticos e, subordinadamente, de ultramafitos, gnaisses calcossilicáticos, kinzigitos, anortositos, quartzitos e formações ferríferas bandadas (Hartmann *et al.*, 1979; Silva & Dias, 1981), metamorfizados no fácies granulito e em alguns locais retrometamorfizados nos fácies anfibolito e xisto-verde (Caldasso *et al.*, 1995).

FIGURA 04 - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO



Na faixa que separa os sedimentos da Bacia de Itajaí do Complexo Brusque, ao longo da Faixa Perimbó (Figura 04), as rochas granulíticas estão

milonitizadas, sendo encontradas variações desde milonito-gnaisses até filonitos, o que levou alguns autores a individualizar esta faixa do Complexo Granulítico, referindo como: Faixa de Anatexitos Ribeirão da Prata (Borba & Lopes, 1983), Zona Rúptil Itajaí-Gaspar (Silva & Dias, 1981), Faixa Granito-Gnáissica Itajaí-Faxinal (Silva, 1987), Faixa Ribeirão da Prata (Basei, 1985) e, informalmente, de Faixa Granulítica/Granito-Gnáissica do Perimbó (Caldasso *et al.*, 1995). Determinações K/Ar efetuadas por Basei (1985), resultaram em duas idades: a primeira de 1.823 ± 27 Ma, para uma amostra de gnaiss da porção central da faixa, e a segunda de 708 ± 11 Ma, para um protomilonito. Associou a primeira ao resfriamento do Ciclo Transamazônico e a segunda foi relacionada à idade dos falhamentos, estando de acordo com a idade máxima estimada para o Grupo Itajaí.

1.4.2 Complexo Brusque

Carvalho & Pinto (1938), nos primeiros trabalhos na região leste de Santa Catarina, individualizaram filitos grafitosos, micaxistos, quartzitos e calcários, designando este conjunto litológico de Série Brusque.

Schulz Jr. & Albuquerque (1969) e Schulz Jr. *et al* (1970) associaram a estas rochas os corpos granitóides, definindo este conjunto como Grupo Brusque.

A conotação de Complexo Metamórfico Brusque deve-se a Silva & Dias (1981), a partir da redefinição do Grupo Brusque, ao reconhecerem uma natureza vulcano-plutono-sedimentar e caráter intracratônico ensiálico de origem semelhante à dos terrenos *greenstone belts* arqueanos.

Os metamorfitos do Complexo Brusque dispõem-se em uma faixa de direção NE-SW, com cerca de 40 km de largura (Figura 04), estendendo-se desde a cidade de Itajaí, junto ao litoral, até serem encobertos pelos sedimentos da Bacia do Paraná nas imediações de Vidal Ramos. Esta faixa limita-se a norte com os gnaisses da faixa remobilizada pela Zona de Cisalhamento Ribeirão da Prata e a sul com os granitóides, gnaisses e migmatitos do domínio interno do Cinturão Dom Feliciano, através da Zona de Cisalhamento Major Gercínio.

1.4.3 Granitóides

Os diversos corpos granitóides intrudidos no Complexo Brusque, na forma de grandes batólitos e pequenos *stocks*, têm sido agrupados nos seguintes tipos, com *status* de suíte: Valsungana/Guabiruba/São Pedro de Alcântara e Faxinaí/Subida/Pedras Grandes, de acordo com características texturais e de campo.

As suítes Valsungana e Guabiruba foram definidas por Trainini *et al.* (1978), a partir das denominações de granodiorito Valsungana e granodiorito Guabiruba, empregadas originalmente por Schulz & Albuquerque (1969) e agrupadas por Caldasso *et al.* (1995), em função de suas características semelhantes. Basei (1985), com base em estudos petroquímicos e geocronológicos, considerou que os granitóides do tipo Guabiruba, apesar de cortarem os da Suíte Valsungana, possuem relações, temporal e espacial, sugerindo que ambos tenham sido gerados em um mesmo episódio termal. Basei & Teixeira (1987) definiram uma mesma época de colocação para tais granitóides, em torno de 630 a 640Ma. Ainda, segundo tais autores, ambos são crustais do tipo S de Chapell & White (1974), de emplacamento sin a tardi-tectônico com relação ao Ciclo Orogênico Brasileiro, (Caldasso *et al.*, 1995). Já Silva (1987) considerou uma natureza anorogênica, produto de intenso magmatismo intraplaca (tipo A).

Caldasso *et al.* (1988) consideraram os granitóides Valsungana/Guabiruba como sin a tardi-cinemáticos em relação aos movimentos transtensivos (fase D3) e francamente pós-cinemáticos em relação às fases precoces (D1 e D2) que afetaram o Cinturão Metamórfico Brusque. Dividiram os granitóides da suíte Valsungana em maciços Sul, Norte e corpo Lajeado Baixo e o granitóide Valsungana em corpos, como os da Serra do Tijucas, Nova Trento/São João Batista do Fácies Indaiá, Nova Trento, Serra da Bateia, Barra da Areia, Gaspar Alto, Águas Negras, Braço da Cristalina e Santo Antônio.

Castro (1997) reagrupou os granitóides e renomeou alguns corpos, de acordo não somente com características texturais, mas também litogeoquímicas em suítes Faxinal, Valsungana, Morro Pelado, Caatinga e Guabiruba, além dos corpos Nova Trento, São João Batista e Campo Novo Segundo. Considerou uma zonalidade metalogenética nos granitóides, com o potencial aumentado de sul para norte, dado pela maior oxidação dos corpos, verificado por litogeoquímica e pela

coloração mais avermelhada dos feldspatos.

A Suíte São Pedro de Alcântara foi definida por Basei (1985), para os granitóides similares que ocorrem a sul do lineamento Major Gercínio.

O granitóide Valsungana apresenta granulação grossa, com textura porfírica, enquanto o granitóide Guabiruba possui granulação fina e equigranular.

O granitóide Faxinal representa um biotita-hornblenda sienito a sienomonzonito de quimismo metalumioso, alcalino do tipo A.

A suíte Valsungana/Guabiruba é caracterizada por sieno e monzogranitos a granodioritos de quimismo predominantemente metaluminoso a peraluminoso, calcialcalinos a alcalinos, gerados a partir de fonte mista.

Para Caldasso *et al.* (1995), na Folha Botuverá, a suíte Valsungana/Guabiruba divide-se nas fácies Guabiruba, Valsungana e Indaiá.

1.4.4 Bacia de Itajaí

A Bacia de Itajaí localiza-se no limite norte do Cinturão Dom Feliciano, (Figuras 02, 03 e 04), com idade atribuída ao Proterozóico Superior, e representa uma bacia *foreland* formada durante o fechamento de um cinturão colisional (Rostirolla, 1991).

As rochas presentes na bacia foram inicialmente agrupadas por Dutra (1926), *apud* Rostirolla *et al.* (1995), sob a denominação estratigráfica de Série Itajaí. Posteriormente, Maack (1947), *apud* Rostirolla *et al.* (1995), subdividiu a série em duas unidades: Formação Ibirama, inferior, constituída por "xistos" cinzentos, lentes de conglomerados, "ardósias" e "quartzitos" cinzentos; e Formação Gaspar, superior, composta por conglomerados, arenitos e folhelhos violáceos ou purpúreos.

Salamuni *et al.* (1961) redefiniram esta série como Formação Garcia, na base, constituída de arenitos e folhelhos siltico-argilosos, cinza-claros ou lilás, com intercalações de lentes de arenitos conglomeráticos, conglomerados e rochas vulcânicas piroclásticas e Formação Gaspar, no topo, onde predominam conglomerados e arcóseos finos e médios a grosseiros, de coloração violácea ou lilás-avermelhada.

A partir dos trabalhos de Schulz & Albuquerque (1969), Schulz *et al.* (1970), Kaul (1976b) e Silva & Dias (1981), a denominação estratigráfica de Grupo

Itajaí passou a ser utilizada, sendo subdividida nas formações Gaspar e Campo Alegre.

Trabalhos mais recentes, envolvendo estratigrafia de seqüências (Appi & Souza Cruz, 1990 e Appi, 1992 *apud* Rostirolla & Figueira, 1995 e Rostirolla *et al.*, 1999), redefiniram as unidades em duas seqüências, uma inferior denominada Gaspar e outra superior denominada Garcia, mantendo a designação de Salamuni *et al.* (1961), porém com significados distintos.

Rostirolla & Figueira (1995) individualizaram quatro associações de fácies distribuídas em dois sistemas. A associação de fácies A, basal, é composta de arenitos e conglomerados avermelhados, e, subordinadamente, arenitos finos, siltitos e folhelhos negros. A associação de fácies B é composta por ritmitos siltico-arenosos, arenitos conglomeráticos e argilitos, atribuídos a uma deposição turbidítica. A associação C correspondente à porção central da bacia, contém depósitos finos com predominância de folhelhos, além de ritmitos e siltitos laminados esverdeados. A associação D ocorre na margem sul-sudoeste da bacia, fazendo contato com a faixa de gnaisses, e é caracterizada por conglomerados avermelhados, arenitos e argilitos.

1.4.5 Geologia Estrutural

Caldasso *et al.* (1995), fundamentados em Basei (1985), individualizaram cinco fases deformacionais, as quais foram agrupadas em três diferentes conjuntos, com cronologias, mecanismos, padrões estruturais, metamorfismo e condições de pressão e temperatura próprias, evidenciando uma evolução policíclica com eventos distintos.

A fase mais antiga, Ft-1, atuou somente nas rochas do embasamento, enquanto as fases D1-2, tangenciais, do Proterozóico Inferior-Médio, foram responsáveis pela implantação e inversão da Bacia Brusque e as fases D3-4, de caráter transcorrente, atribuídas ao Proterozóico Superior, propiciaram a implantação e a evolução da Bacia de Itajaí, bem como a atual estruturação em leque imbricado dos conjuntos rochosos pertencentes ao Complexo Brusque e à Seqüência Vulcano-Sedimentar Itajaí (Caldasso *et al.*, 1995).

Estas duas últimas fases foram evidenciadas na Bacia de Itajaí, por Basei

(1985), o qual identificou dois sistemas de dobramentos, o primeiro definido por dobras assimétricas com vergência para NW e orientação dos eixos segundo NE-SW, enquanto que a segunda exibe superfície axial N-S e caimento do eixo para sul, configurando dobras descontínuas de grande comprimento de onda. Rostirolla (1992) *apud* Rostirolla & Figueira (1995), considerou as duas fases deformacionais como geradas em ambiente rúptil a rúptil-ductil. A primeira de carácter compressional e a segunda responsável pela reativação distensional das estruturas pré-existentes.

2. METODOLOGIA

A metodologia geral empregada na pesquisa envolveu técnicas apuradas no tratamento de dados espaciais, constituindo uma base digital georreferenciada, a partir da digitalização de mapas base, geológicos e metalogenéticos, manipulação de dados tabulares (xyz) de teores geoquímicos, processamento de dados geofísicos através de métodos de interpolação com geração de malhas (*grids*) e imagens, construção de modelo digital de terreno (MDT), além de tratamento de imagens Landsat/TM. Todos estes elementos e os resultados de sua interpretação temática, foram integrados em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas - SIG, através de sobreposições realizadas nos programas *ArcView 3.0a*, *Geosoft 5.0* e *ErMapper 6.1*.

Para compreensão e visualização das etapas da pesquisa, foram construídos fluxogramas metodológicos. O primeiro deles, apresentado neste capítulo (Figura 05), mostra a metodologia geral empregada na pesquisa, enquanto seu detalhamento será apresentado nos demais capítulos temáticos, em correspondência a seus respectivos fluxogramas.

Inicialmente foram feitos contatos com empresas de mineração que realizaram trabalhos de prospecção de ouro na região de estudo. Destes contatos foi recuperada grande parte dos dados, principalmente da região da ocorrência do MCB. Em função da disponibilidade de informações e da importância desta ocorrência, foram realizados levantamentos geológicos e gamaespectrométricos de detalhe a fim de caracterizar a geometria e as relações estruturais dos veios e a assinatura gamaespectrométrica das rochas encaixantes.

Dentre os dados disponíveis, foram selecionados os considerados relevantes à prospecção de ouro, além de um levantamento de campo na ocorrência do MCB, onde foram caracterizadas de forma preliminar as feições estruturais e geométricas dos veios mineralizados, além de um caminhamento gamaespectrométrico e medidas locais nas encaixantes próximas aos principais veios desta ocorrência.

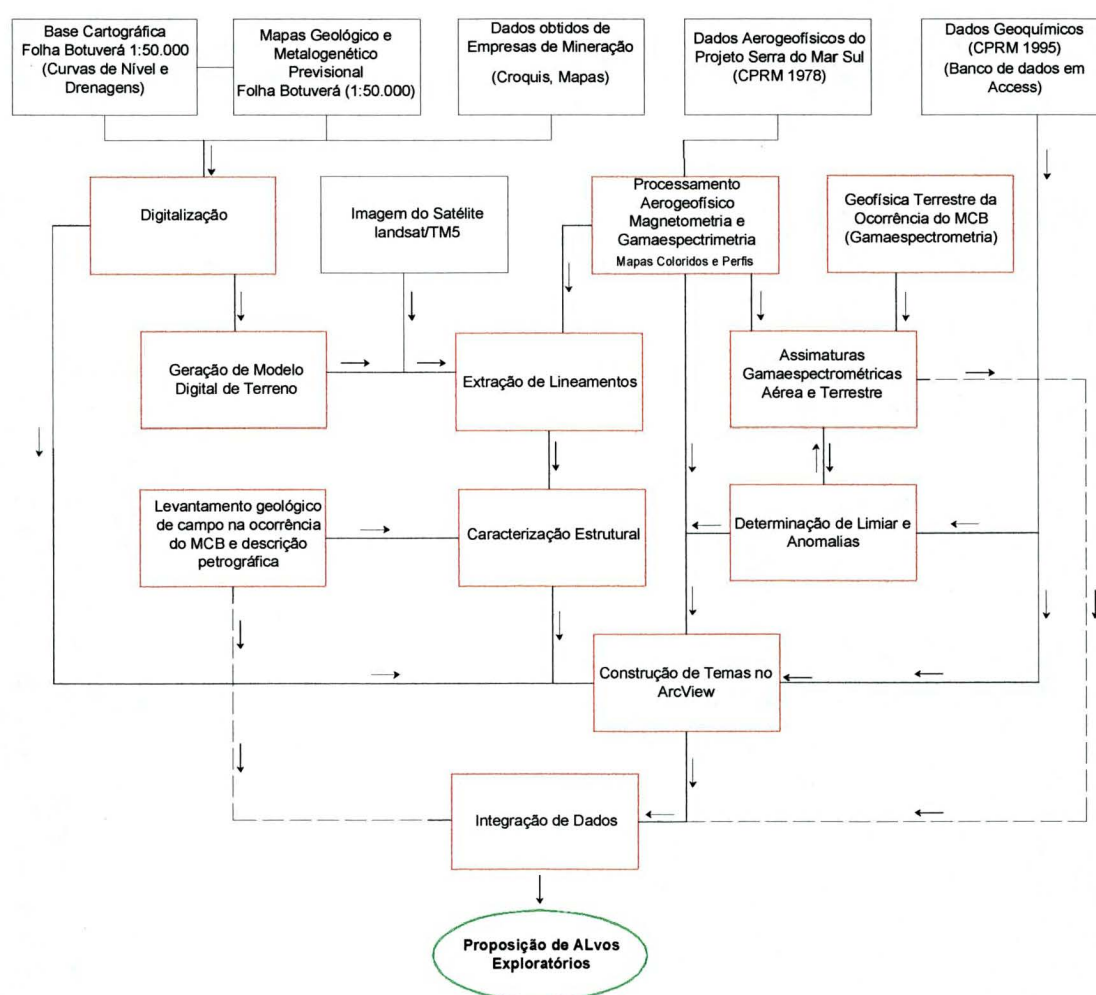
A digitalização foi realizada com controle de qualidade, na qual buscou-se uma acurácia compatível com as escalas dos dados originais, de forma a atender aos objetivos do trabalho e em acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica

(PEC), estabelecido pela Coordenação de Cartografia (COCAC) do Ministério de Ciência e Tecnologia, através do decreto nº 89.818 de 20 de junho de 1994. De acordo com tal padrão, para a escala 1:50.000, a precisão deve ser de 12,5 m, ou seja, um quarto ($\frac{1}{4}$) de milímetro.

Todas as informações digitais foram geradas no sistema UTM, FUSO 22, referenciado ao *datum* SAD69.

Os dados foram inseridos no programa ArcView 3.0a como temas, onde foi realizada a integração final e a seleção de novos alvos exploratórios.

FIGURA 05 – FLUXOGRAMA GERAL DAS ETAPAS DA PESQUISA, INDICANDO A BASE DE DADOS (BLOCOS PRETOS), OS PROCESSOS (BLOCOS VERMELHOS) E OS RESULTADOS (BLOCO VERDE)



3. BASE DE DADOS

3.1 GEOLOGIA DA FOLHA BOTUVERÁ-SC

A Folha Botuverá está inserida na porção central do escudo catarinense, envolvendo um núcleo do embasamento remobilizado, o cinturão metavulcano-sedimentar do Proterozóico Inferior-Médio, com direção geral N50°E (Complexo Brusque de Silva & Dias, 1981); uma cobertura vulcano-sedimentar (Bacia do Itajaí de Schulz Jr. & Albuquerque, 1969) e granitóides do Proterozóico Superior-Eopaleozóico (Kaul, 1976; Trainini *et al.*, 1978).

O Complexo Brusque e os granitóides nele intrudidos são as principais unidades da área e de maior interesse à pesquisa, por conter as ocorrências e o maior potencial para ouro. A Bacia de Itajaí que ocorre na porção noroeste e a faixa de embasamento que a separa dos metamorfitos do Complexo Brusque, as quais compreendem um terço (1/3) da área, são abordadas em segundo plano nesta pesquisa.

Para as análises realizadas na presente pesquisa, foram tratadas apenas as principais unidades, as quais apresentam maior expressão em área, presentes no mapa geológico da Folha Botuverá de Caldasso *et al.* (1995), cuja descrição é apresentada a seguir. De acordo com o referido mapa (Figura 06), o Complexo Brusque, na área de estudo, agrupa as seguintes unidades principais com caráter litofaciológico:

MVS - unidade vulcano-sedimentar (metabásicas porfiríticas e xistos magnesianos, subordinadamente metagabros, metabasaltos finos e variolíticos, metapelitos, metarritmitos pelítico-arenosos e metacalcários);

MCC - unidade carbonática (metacalcários, subordinadamente metapelitos, metabásicas porfiríticas e xistos magnesianos);

MPA1 - unidade siliciclástica pelítico-arenosa (filitos e filitos grafitosos);

MPA2 - unidade siliciclástica pelítico-arenosa (micaxistos e quartzitos micáceos granatíferos);

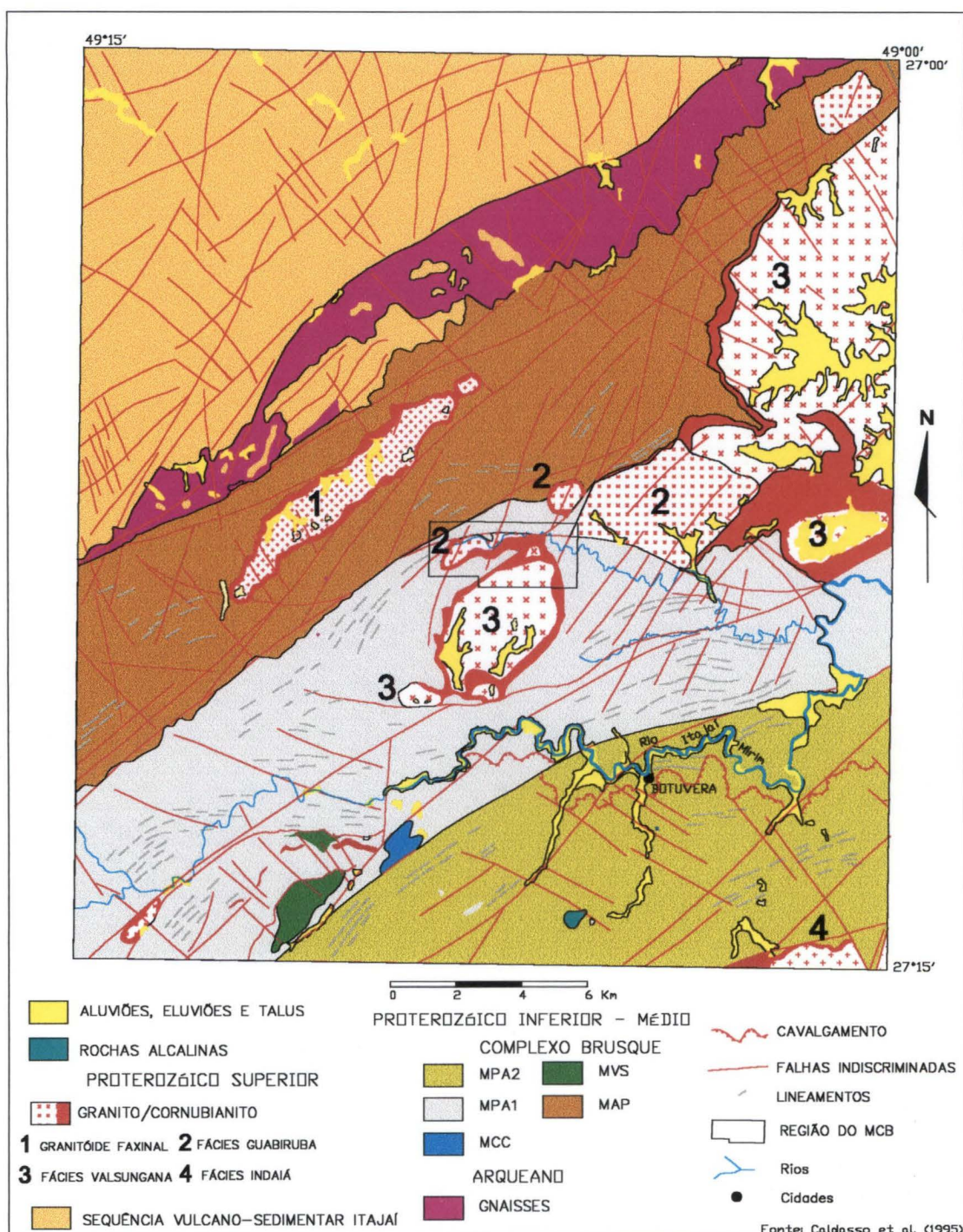
MAP - unidade siliciclástica areno-pelítica (metarritmitos pelítico-arenosos);

Ainda ocorrem corpos filoneanos ácidos e básico-intermediários do

Eopaleozóico, bem como diques de diabásio e de rochas alcalinas mesozóicas.

Depósitos aluvionares distribuem-se ao longo dos vales dos principais rios da área, entre eles, os do rio Itajaí-Mirim.

FIGURA 06 - MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC



A unidade siliciclástica pelítico-arenosa (MPA1 e MPA2), corresponde a um terço (1/3) do complexo Brusque, situada na porção sul da área. De acordo com Caldasso *et. al.* (1995) esta unidade constitui-se das seguintes litofácies: metaritimitos pelítico arenosos, metaritimitos arenosos, metarenitos, metaconglomerados, metapelitos, metacalcários e metabásicas, com predominância da primeira em relação às demais. Os metaritimitos pelítico-arenosos, principais constituintes desta unidade, caracterizam-se como mica filitos com clorita e/ou sericita, quando no fácies xisto verde inferior, enquanto no fácies xisto verde superior predominam quartzo mica-xistos e mica-quartzo xistos com muscovita e/ou biotita, com ou sem granada. Ocorrem ainda raras intercalações de filitos grafitosos e lentes de metagrauvacas. A composição mineralógica presente nestas rochas define três zonas metamórficas: clorita e mica branca na zona da clorita, biotita e muscovita na zona da biotita, além de quartzo, minerais opacos (pirita, hematita, magnetita, limonita e grafita amorfa) e raramente cloritóide, e como acessórios zircão, turmalina, apatita e rutilo, caracterizando o fácies xisto-verde inferior. A associação mineral marcada por quartzo, biotita vermelha, muscovita, granada almandina, minerais opacos e ocasionalmente plagioclásio, zircão, turmalina e apatita como acessórios, define a zona da granada, do fácies xisto verde superior.

Os metapelitos ocorrem intercalados nos metaritimitos e apresentam composição predominantemente siliciclástica. As camadas restritas que exibem teores elevados de matéria orgânica são classificadas como filitos grafitosos. Também foram afetadas por metamorfismo nos fácies xisto verde inferior e superior.

A unidade siliciclástica pelítico-arenosa apresenta-se metamorfizada no fácies xisto-verde superior (MPA2) e no fácies xisto-verde inferior (MPA1). Esta é a unidade de maior expressão em área, abrangendo praticamente todo o seu quadrante SE e grande parte do quadrante SW, onde ocorre interdigitada com as unidades siliciclástica arenosa, carbonática e vulcano-sedimentar. As relações de contato entre seus litótipos se dão normalmente de maneira transicional, raramente por falha, ocorrendo contato nítido, de natureza erosiva, com os metaconglomerados.

Ainda de acordo com o referido autor, as intercalações de camadas de rochas metabásicas, concordantes com a estratificação (So), sugerem a ocorrência de manifestações ígneas que podem indicar um vulcanismo sin-deposicional ou,

pelo menos, pré-metamorfismo.

A unidade silicilástica areno-pelítica (MAP), constituiu-se pelos seguintes litótipos: metarritmitos arenosos, metarritmitos pelítico-arenosos, metarenitos e metaconglomerados. O primeiro é dominante, enquanto os demais são de ocorrência subordinada. Abrange uma área de aproximadamente 110 km², constituindo uma faixa alongada segundo NE-SW, com largura média de 5 km. A NW é limitada pelo Lineamento Perimbó, que a coloca em contato por falha com as rochas do embasamento e, localmente, com as rochas sedimentares da sequência vulcano-sedimentar Itajaí. Seus contatos com a unidade siliciclástica pelítico-arenosa, quando não tectônicos, são gradacionais, demonstrando um empobrecimento na fração arenosa, a medida que se estende para SE, onde são muito freqüentes interdigitações de metarritmitos arenosos. Entre os litótipos que constituem essa unidade, os contatos são gradacionais, erosivos (no caso de metaconglomerados e alguns arenitos) ou, eventualmente, por falha com os metacalcários e rochas metabásicas.

A unidade carbonática (MCC) é representada principalmente por metacalcários que ocorrem sob a forma de megalentes intercaladas nos terrenos metapelíticos da unidade siliciclástica pelítico-arenosa, balizadas por falhas N40°-60°E (Lineamento Itajaí-Mirim) e intimamente associadas a rochas metabásicas. Subordinadamente ocorrem metamargas intercaladas a metapelitos, indicando segundo Caldasso *et al.* (1995), que na porção distal a sedimentação carbonática interdigitava-se com a sedimentação siliciclástica. Da mesma forma, a ocorrência de rochas metabásicas indica a possibilidade de atividade vulcânica sin-sedimentar.

A unidade vulcano-sedimentar (MVS) é constituída pelos seguintes litótipos: metagabros, metabásias porfiríticas e xistos magnesianos, metabasaltos finos e variolíticos, metapelitos, metacalcários e metarritmitos pelítico-arenosos. As metabásicas porfiríticas e xistos magnesianos constituem as rochas dominantes, sendo as demais litofácies subordinadas. Ocorre no quadrante SW, onde está representada por vários corpos de forma alongada, segundo NE-SW, intercalados com litótipos da unidade siliciclástica pelítico-arenosa. Suas relações de contato se dão de maneira concordante, sendo também freqüentes contatos por falhas transcorrentes e/ou prováveis empurrões das fases tangenciais.

Os dados litoquímicos dos litótipos ortoderivados dessa unidade

caracterizaram um magmatismo básico-ultrabásico, de quimismo toleítico a alcalino, compatível com processos vulcânicos em regime de *mid-plate*. A presença de basaltos com estruturas, tais como variolas e prováveis *pillow-lavas*, evidencia a ocorrência de derrames submarinos concomitantes com a sedimentação. Seu posicionamento em meio à unidade siliciclástica pelítico-arenosa, interpretado como sendo relacionado aos fácies bacinais, bem como a ausência de litótipos pertencentes à unidade areno-pelítica (mais proximal), sugere que esse vulcanismo se deu a uma distância considerável da costa.

Granitóides

Os corpos granitóides intrudidos no Complexo Brusque são conhecidos como granitóide Faxinal (biotita-hornblenda sienito a sieno-monzogranito, quimismo metaluminoso, alcalino, do tipo A); Suíte Valsungana/Guabiruba (sieno e monzogranitos a granodioritos, quimismo predominantemente metaluminoso a peraluminoso, calcialcalinos a alcalinos, gerados a partir de fonte mista) e fácies Indaiá (monzogranitos, sieno-granitos e granodioritos) de acordo com Caldasso *et al.* (1995). Esta última não foi tratada em função de sua pequena dimensão e posição na extremidade sudeste da área. Praticamente todos os corpos pertencentes às suítes referidas afetaram termicamente as rochas encaixantes, gerando zonas de *hornfels* bem desenvolvidas (Figura 06).

3.2 METALOGENIA DA FOLHA BOTUVERÁ-SC

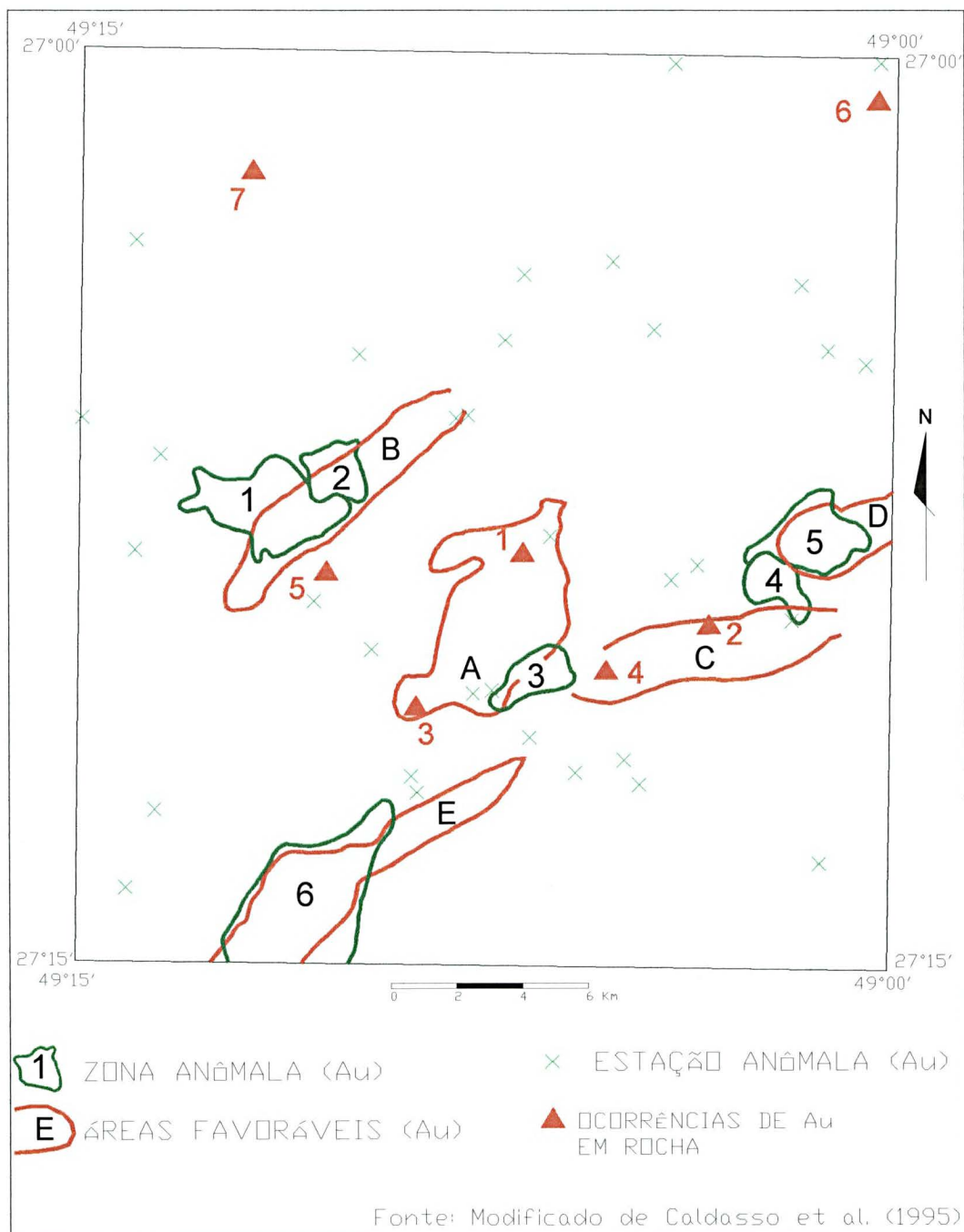
As informações metalogenéticas para ouro foram extraídas da Carta Metalogenética/Previsional da Folha Botuverá (Caldasso *et al.*, 1995). Esta carta indica as ocorrências de ouro em rocha e aluviões, zonas anômalas em pintas, concentrados de bateia e áreas favoráveis para mineralizações auríferas, conforme o mapa da Figura 07.

As ocorrências foram plotadas na base de dados digital com a seguinte numeração: 1 - Morro do Carneiro Branco (filões de quartzo com Au e Ag, na borda norte do corpo granitóide Lageado Baixo do fácies Guabiruba); 2 - Braço da Cristalina (filões de quartzo+volframita+ouro, associados a um corpo granitóide alongado; 3 – Tigrano (filões de quartzo aurífero); 4 - Russo; 5 – Três Barras, 6 – Gaspar Alto e 7 – Quati (filões de quartzo aurífero encaixados na Bacia de Itajaí).

Para concentrados de bateia os referidos autores consideraram estações anômalas aquelas onde foram identificadas mais de 5 partículas de ouro, enquanto as zonas anômalas foram definidas pelo agrupamento de duas ou mais estações anômalas contíguas. A zona anômala 1 apresentou as maiores concentrações de pintas de ouro da área (15, 16, 35 e 50 pintas), a zona 2 agrupou quatro estações com 1 a 5 pintas, a zona 3 com três estações, variou de 1 a 5 pintas, a zona 4 com quatro amostras, sendo duas com 1 e as outras duas com 7 pintas, e, finalmente, a zona 6 com quatro estações de 1 a 6 pintas.

As áreas favoráveis para mineralizações de ouro são representadas na Figura 07 da seguinte maneira: a) mineralização aurífera filoneana na periferia dos corpos granitóides (ocorrências do MCB e do Tigrano); b) periferia e porção central do granitóide Faxinaí; c) filões de quartzo associados a volframita e ouro (ocorrências do Braço da Cristalina e do Russo); d) corresponde a zona anômala 5 (granitóide Valsungana); e) vinculada a zona anômala 6.

FIGURA 07 - ÁREAS FAVORÁVEIS, ZONAS E ESTAÇÕES ANÔMALAS E OCORRÊNCIAS DE OURO EM ROCHA E CONCENTRADOS DE BATEIA DA FOLHA BOTUVERÁ-SC



3.2.1 Ocorrência do Tigrano

A ocorrência do Tigrano localiza-se na porção central da área de estudo, a sudoeste do granitóide Lageado Alto do fácies Valsungana, em um ribeirão homônimo de direção aproximada E-W (3, Figura 07).

A partir do acesso a alguns relatórios da Mineração Auropaula Ltda, foi possível resgatar alguns dados acerca do projeto Tigrano realizado no final da década dos 80, pela mesma empresa.

Tais relatórios apresentam uma série de veios de quartzo, os quais foram denominados blocos Marimbondo, Elefante, Veios Norte-Sul e Veio VP. Tais veios foram rebaixados com o auxílio de explosivos e posteriormente amostrados. Foram coletadas 29 amostras de sedimentos de corrente com posterior contagem de pintas de ouro ao longo do ribeirão homônimo com a colaboração da CPRM.

Os referidos blocos configuram uma área de 3,85 ha onde a empresa realizou trabalhos de detalhe e descobriu dois veios. Estas ocorrências estão encaixadas em granito cinza, de granulação média com fenocristais de feldspato alcalino.

A foliação (xistosidade) cataclástica nos metassedimentos exibe direção geral $N87^{\circ}-70^{\circ}W/35^{\circ}-86^{\circ}SW$, e, em alguns locais, ocorrem segregações de quartzo boudinados inferiores a 10 cm de largura.

Os veios são predominantemente leitosos e raramente avermelhados e fraturados com *boxworks* lixiviados, normalmente preenchidos por óxidos de manganês e/ou ferro.

No bloco Marimbondo o veio de quartzo está encaixado em metapelitos e apresenta atitude $N50^{\circ}W/70^{\circ}-80^{\circ}SW$. Possui cor predominante branco, fraturado com drusas e *boxworks* preenchidos por óxidos de manganês e ferro e raramente sulfetos são observados.

O bloco Elefante representa um veio encaixado no granitóide e exibe atitude $N32^{\circ}-50^{\circ}W/71^{\circ}SW$. A largura varia de 0,3 m a 1,80 m, de cor branca, normalmente mascarada pela presença de óxidos de Fe e/ou Mn, apresentando com frequência sulfetos (pirita) visíveis. As rochas encaixantes apresentam-se intensamente intemperizadas e o veio é extremamente lixiviado.

O bloco Veios Norte-Sul, representado por blocos de quartzo branco,

maciços, alinhados na direção N-S, mostra uma extensão aproximada de 100 m com raros sulfetos e teores inferiores a 0,8 ppm de ouro.

O bloco Veio VP, com 0,25 m de largura, foi descoberto através de um poço com 2m de profundidade. Encaixado no granito, apresenta-se muito intemperizado e oxidado, rico em pirita, revelou teores de 5,73 ppm de Au através de análise por cianetação e 8,75 ppm de ouro através de análise por absorção atômica.

3.2.2 Ocorrência do Braço da Cristalina

Esta ocorrência localiza-se na porção centro leste da área de estudo e à oeste das ocorrências do Tigrano e do MCB (2, Figura 07).

Trata-se de um conjunto de veios encaixados em um corpo granitóide alongado segundo a direção geral N85°E e mergulho 75°SE, que aflora por cerca de 550 m, com largura média de 30 m. Os veios ocorrem tanto no interior deste corpo quanto em suas bordas, em contato com metassedimentos do Complexo Brusque. Os veios estão dispostos em três sistemas de direções preferenciais: o primeiro de direção aproximada EW, paralelo ao granitóide, disposto tanto em seu interior quanto nas porções mais cisalhadas dos seus contatos; o segundo de direção NE e o último, de menor expressão, com direção NS.

Quanto ao corpo granitóide, faltam informações acerca de sua composição, idade e gênese, sendo também classificado como meta-riolito e/ou feldspato-muscovita-quartzo-xisto (quando milonitizado com maior intensidade), caracterizados através de análise de seções delgadas, conforme discussão apresentada por Ribas (1987). Este autor ainda citou a presença de carbonato em vênulas e uma intensa muscovitização, nas bordas do corpo granitóide, observada tanto macroscopicamente como em seção delgada, pela alteração dos feldspatos e biotita para muscovita, atribuída a processos de alteração hidrotermal.

O contato sul é marcado por uma faixa cisalhada, com largura média de 0,5 m, onde ocorrem venulações de quartzo estirados e intensa oxidação, enquanto no contato norte o cisalhamento é menos evidente em função da densa cobertura vegetal e de solo.

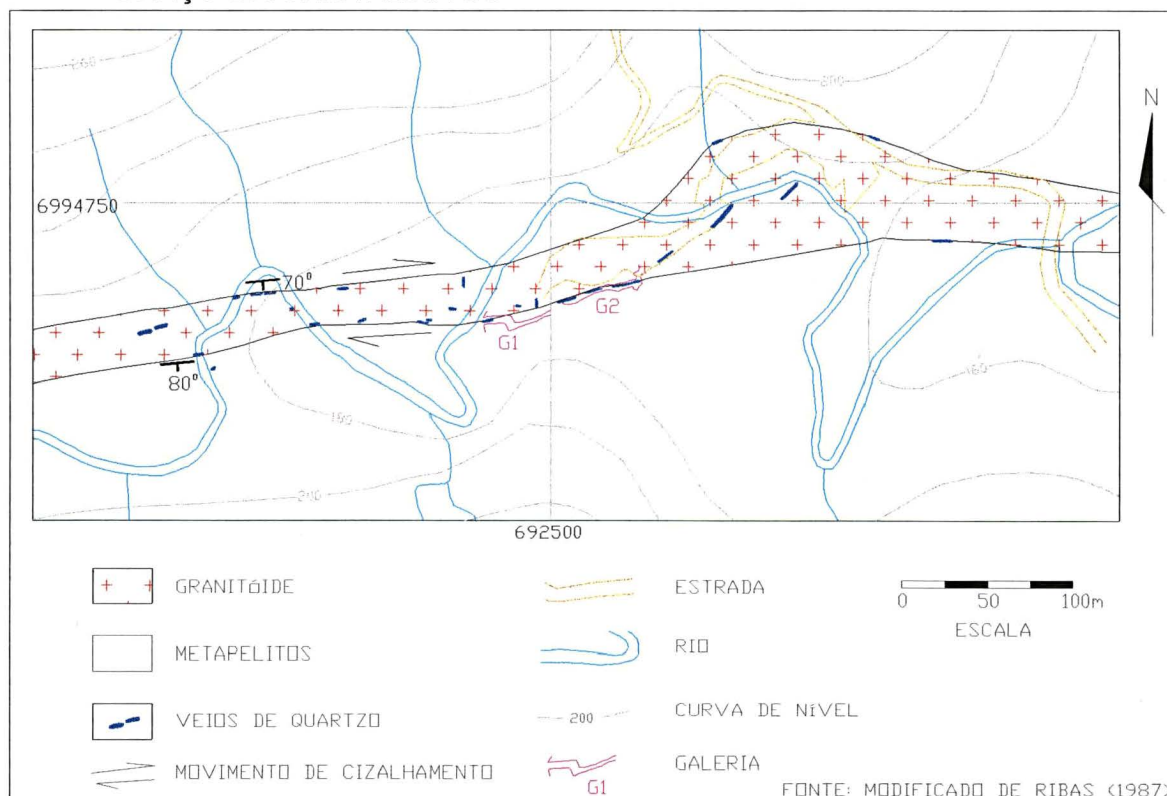
Através da análise de seções polidas foram identificadas duas gerações de

sulfetos, uma singenética e outra epigenética, restando dúvidas quanto a suas associações com o ouro, porém admitindo-se que a segunda geração de sulfetos estaria relacionada ao processo hidrotermal responsável pela geração dos veios mineralizados.

Rostirolla *et al.* (1996) descreveram em uma das galerias da Figura 08, um sistema de veios de quartzo sulfetados, cataclasados com direção N80°E, encaixado em metarenitos cloritizados. Observaram ainda uma foliação cataclástica bem definida, com recristalização de cloritas e sericitas em filmes que separam micrólitos quartzosos. Os veios apresentam pirita, calcopirita e possivelmente ouro disseminado. A foliação cataclástica (Sn+1) exibe atitude N80°E/82°NW e apresenta cinemática lateral-direita. Ainda caracterizaram uma foliação (Sn) com atitude N70°E/76°SE e S0//S1, definida por uma alternância de bandas quartzosas e micáceas.

Caldasso *et al.* (1995) consideraram, com base nos dados disponíveis, que esta mineralização estaria relacionada a emanções de fluidos provenientes do corpo granitóide, cuja colocação teria ocorrido durante as fases tardias (D₃₊₄), transcorrentes.

FIGURA 08 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA OCORRÊNCIA DE OURO DO BRAÇO DA CRISTALINA-SC



Quanto aos teores os veios do sistema NE apresentam concentrações mais elevadas, não inferiores a 1,8 ppm nos pontos com menos sulfetos e alcançando até 14,5 ppm nas porções mais sulfetadas e oxidadas, onde ocorre textura *boxwork* com ouro visível. Também ocorrem sulfetos disseminados na rocha encaixante, nas proximidades destes veios, sendo estes um guia na prospecção.

O veio do sistema NS, encaixado no granitóide, apresenta resultados de 0,8 e 2,6 ppm em amostras de canal com aspecto textural diferente dos demais.

A zona de contato entre o granitóide e os metassedimentos, às vezes difusa, mostra que em vários pontos esta transição é observada por mais de 3 metros. Porém, notou-se uma faixa em torno de 0,5 m, normalmente interdigitada com venulações de quartzo ricos em óxidos e sulfetos. Os teores atingiram até 35,2 ppm, não sendo inferiores a 2 ppm. Ainda ocorrem pequenos veios centimétricos de origem metamórfica encaixados nos metassedimentos, em alguns pontos oxidados, com teor máximo de 0,9 ppm.

Além de ouro, ocorre também prata nos veios associada com teores que variam de 0,2 ppm a 13,6 ppm, dosados através de análises por cianetação, exibindo máximo de 33,3 ppm por análises através de absorção atômica. Os valores mais elevados coincidem com os maiores teores de ouro, apesar de Ribas (1987) ter verificado em 35 amostras uma relação aleatória entre os teores destes elementos. Subordinadamente, ocorre cobre com teores médios de 68,8 ppm obtidos por cianetação.

Esta ocorrência apresenta dificuldades para sua viabilização, em relação ao meio ambiente, por estar disposta ao longo de uma drenagem, o que também dificultaria e aumentaria o custo de uma lavra subterrânea, a menos que estudos futuros confirmem em subsuperfície os teores superficiais elevados verificados em alguns pontos. Outra dificuldade deve-se a morfologia do terreno e a posição dos veios, como salientado por Ribas (1987), onde seria necessário movimentar mais de 20.000 m³ de rocha encaixante, sem que se dispusesse de um local adequado próximo para depositar tal volume de estéril.

3.2.3 Região do Morro do Carneiro Branco

A região do MCB, selecionada para um levantamento de campo, será tratada em maior detalhe no item 5. Recebeu este nome, segundo antigos moradores, em função da presença de blocos de quartzo branco destacados nas encostas (Foto 01). Um destes morros, onde foi descoberta a principal ocorrência desta região, é conhecido com o mesmo nome, apesar de ser designado na Folha Botuverá do IBGE como Morro do Cavalo Branco, fato este que causa confusão para quem pretende visitar esta ocorrência. Esta região é acidentada e as maiores elevações constituem serras com direção preferencial nordeste com cotas variando de 300 a 1027 m de altitude. O acesso é difícil, em função do estado de conservação da estrada, sendo necessário atravessar propriedades particulares. A cobertura vegetal, em grande parte primária, constitui uma porção da Floresta Atlântica ou Floresta Omblófila Densa (IBGE, 1992) onde a pluviosidade é elevada, com média anual de 1800 mm e umidade relativa do ar entre 83 e 86%. O clima é do tipo *Cfa* de Köppen, podendo atingir temperaturas abaixo de 0°C no período de inverno, dificultando os trabalhos de campo na região.

As informações acerca da região do MCB concentraram-se em uma área de 830 ha, referente a um processo de pesquisa mineral da Mineração Novo Prisma (Ribas, 1991), junto ao DNPM, onde através de seus trabalhos prospectivos foram determinados diversos alvos, dentre os quais o alvo 1, principal da área, anteriormente conhecido, constituído por uma zona de veios de quartzo mineralizados a ouro e prata. Estes alvos foram avaliados parcialmente por algumas pequenas empresas de mineração na década de 80 e pela Gold Standard Minas S.A. em 1999.

O principal alvo (1), o qual leva o nome MCB, é definido por uma zona de veios de quartzo sulfetados de direção geral E-W, posicionados na borda norte do granitóide Lageado Alto do fácies Valsungana. Com espessura média de 2m, atingindo em algumas porções até 5 m, aflora descontinuamente por aproximadamente 200m, com teores médios de 6 g/ton e pontualmente até 23 g/ton de ouro, associado a prata, cobre e arsênio, além de bismuto em menor proporção.

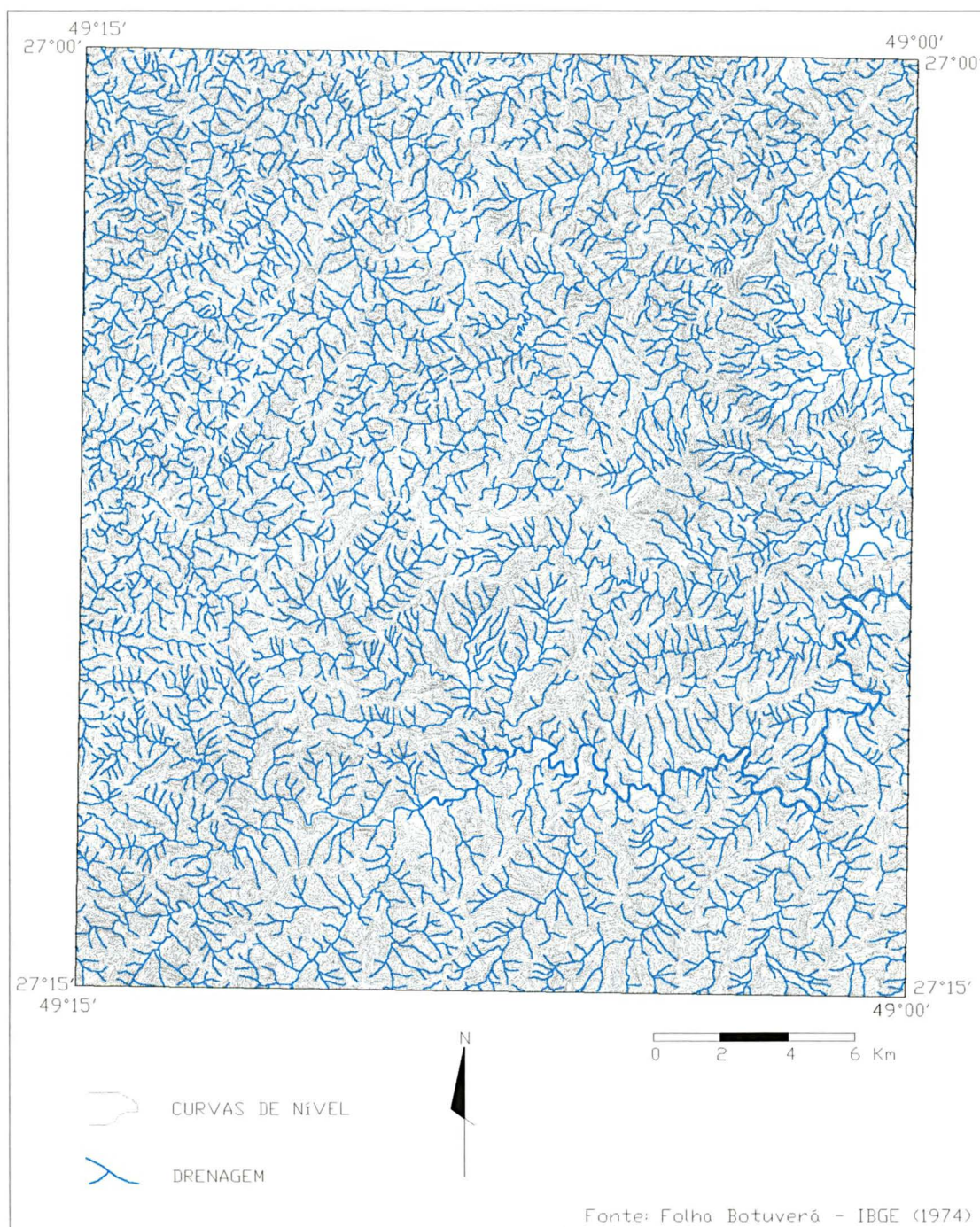
FOTO 01 - VISTA DA REGIÃO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB), ONDE OBSERVA-SE BLOCOS DE QUARTZO LEITOSO



3.3 FOLHA TOPOGRÁFICA BOTUVERÁ-SC

A Folha Botuverá (SG-22-Z-D-I-2), do IBGE (1974), em escala 1:50.000, gerada com o *datum* vertical Marégrafo Imbituba-SC e horizontal Chuá-MG, serviu de base cartográfica para a pesquisa, de onde foram extraídas todas as curvas de nível com eqüidistância de 20 m, pontos cotados e a rede de drenagem (Figura 09).

FIGURA 09 – MAPA DE CURVAS DE NÍVEL E REDE DE DRENAGEM DA FOLHA BOTUVERÁ-SC



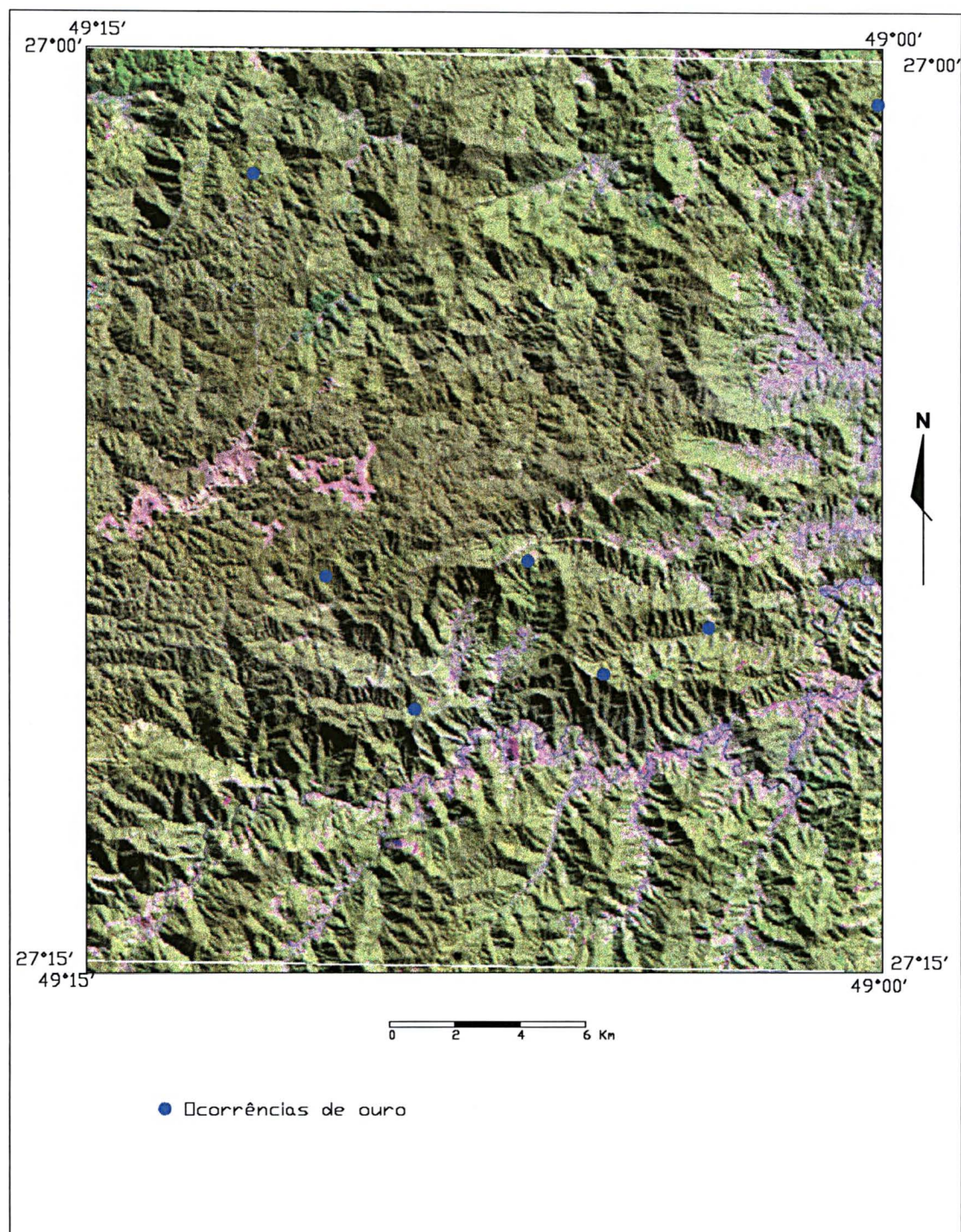
3.4 IMAGEM DE SATÉLITE

A imagem orbital do satélite Landsat/TM5 utilizada na presente pesquisa, anteriormente georreferenciada por Castro (1997), o qual a disponibilizou para o presente estudo, corresponde à órbita 220/ponto78, imageada em 18/07/1994, com as bandas TM 1 a 5 e 7 (Figura 10).

O georreferenciamento feito pelo referido autor, através da correção geométrica, foi a única transformação executada na imagem, através de 31 pontos de controle, retirados da carta do IBGE e visíveis na imagem. Como a área estudada constitui uma porção desta imagem, muitos dos pontos utilizados na correção localizaram-se fora de seu perímetro, do que decorreu uma comparação com a malha de drenagem digital obtida da carta do IBGE em escala 1:50.000. Desta forma, verificou-se que a imagem apresenta um georreferenciamento adequado para a janela de interesse, tornando-se desnecessária a repetição deste processo.

Foram realizados diversos testes durante o processamento, tais como razões entre bandas, aplicações de índices de óxidos de ferro e argilas, além de principais componentes. Apesar do grande esforço realizado anteriormente por Castro (1997), os resultados foram similares e não permitiram explorar o potencial espectral das bandas da imagem, em função da densa cobertura vegetal de grande parte da área pesquisada. Porém, a banda 4 foi utilizada com sucesso em função da informação textural permitir extrair lineamentos importantes para a caracterização estrutural regional da área pesquisada.

FIGURA 10 – IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT/TM5 (COMPOSIÇÃO RGB-543) DA FOLHA BOTUVERÁ-SC



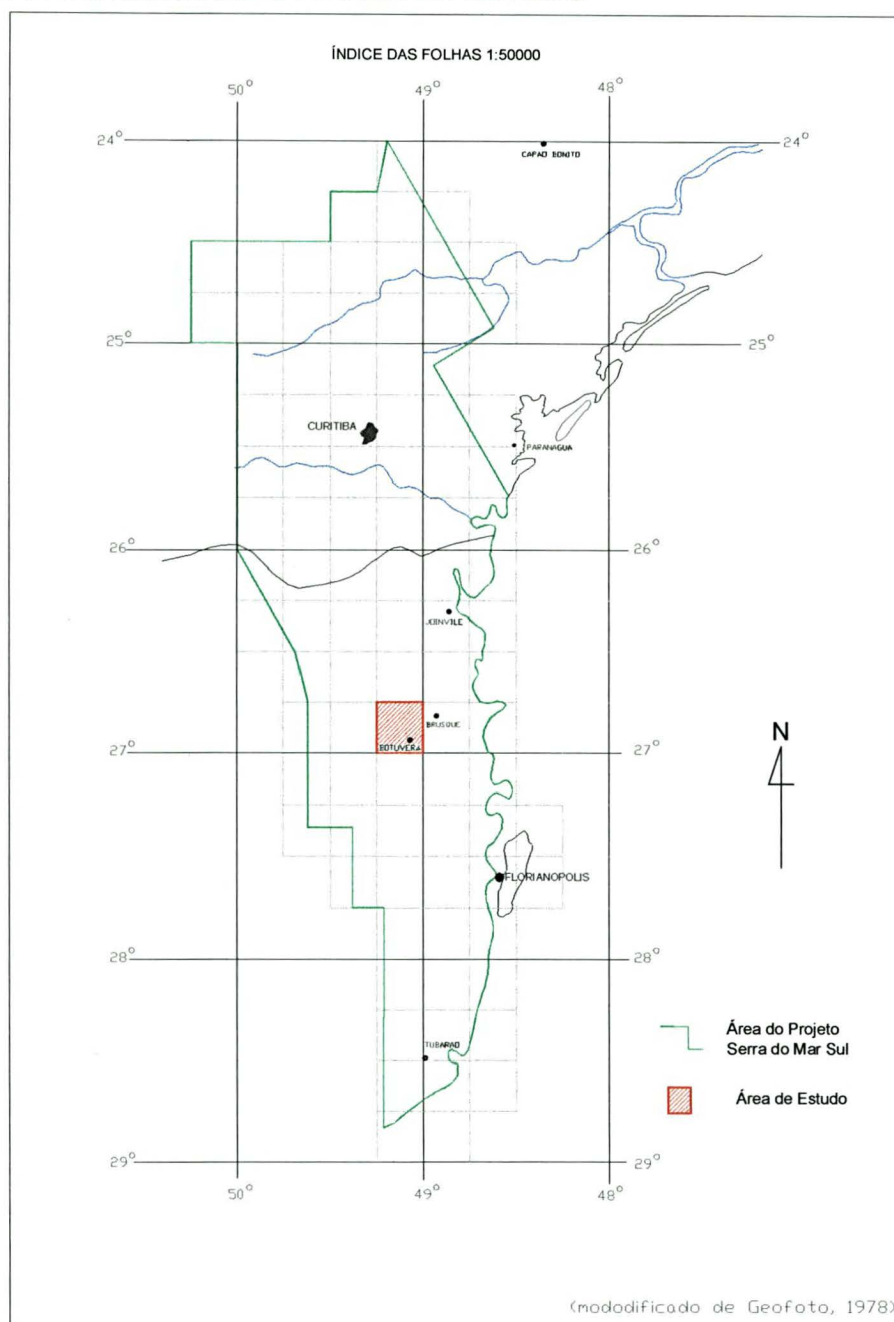
3.5 PROJETO AEROGEOFÍSICO SERRA DO MAR SUL

O Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul (CPRM, 1978), realizado pela empresa Geofoto no período de 08/75 a 09/77, fruto de um convênio firmado entre o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM e a Companhia de Recursos Minerais - CPRM, cobriu uma área de 48.600 km² das porções orientais dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (Figura 11). Realizado a uma altura média de voo de 150m e espaçamento entre as linhas em torno de 1000m, mostra uma densidade de uma amostra a cada 56 m ao longo das linhas de voo. Foram utilizadas duas bases operacionais, uma no aeroporto de Florianópolis-SC e outra no aeroporto do Bacacheri, em Curitiba-PR, com desnível de 800m e condições climáticas e atmosféricas distintas. As leituras gamaespectrométricas foram realizadas através de um sensor multiespectral modelo DIGRS-3001, da Exploranium, acoplado a um conjunto de cristais de iodeto de sódio ativado a tálio, com formato cilíndrico nas dimensões de 6" x 4", totalizando 1017.87 polegadas cúbicas e com tempo de integração de 1 segundo. Já para as medidas do campo magnético foram utilizados dois magnetômetros de precessão nuclear, o primeiro deles, modelo G-803 da Geometrics, a bordo da aeronave, e o outro fixo, modelo G-816, com o objetivo de monitorar a variação diurna do campo geomagnético (Tabela 01).

TABELA 01- CARACTERÍSTICAS DO PROJETO AEROGEOFÍSICO SERRA DO MAR SUL (CPRM, 1978)

Métodos	Magnetometria e Gamaespectrometria.
Contratante	DNPM/CPRM
Contratado	GEOFOTO S.A.
Período	08/75 a 09/77
Número de áreas	01
Total de Perfis	49.880 km
Intervalo (AM)	1 s
Altura de Voo	150 m
Área Total	48.600 km ²
Direção (LV)	N30W
Espaçamento (LV)	1 km
Direção (LC)	N60E
Espaçamento (LC)	20 km
Tempo de Integração Gama (s)	1

FIGURA 11 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PROJETO AEROGEOFÍSICO SERRA DO MAR SUL INDICANDO A ÁREA DE ESTUDO



Os dados radiométricos originais foram micronivelados e convertidos de contagens por segundo (cps) para concentrações (% de K e ppm de eU e de eTh) e para microRöntgen por hora ($\mu\text{R/h}$), para o canal de contagem total, com base na técnica denominada *back-calibration*. Esta conversão foi realizada através do *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project* (BARMP, 1997), de acordo com convênio de cooperação técnica celebrado em 17/10/1996 entre a CPRM e o *Geological Survey of Canada* (GSC), com a participação da empresa canadense de consultoria em

geofísica *Paterson, Grant & Watson Limited (PGW)*, com o apoio financeiro da *Canadian International Development Agency (CIDA)* e do *Canada-Brazil Cooperation Project for Sustainable Development in the Mineral Sector*.

As transformações foram feitas com os seguintes coeficientes: CT (0.1107), K (0.2215), Th (0.3356) e U (0.1107). Os valores de *back-calibrated sensitivities* foram os seguintes: Tório (Th) - (cps/ppm) = 1,78; Potássio (K) - cps/ppm = 25,88 e Urânio (U) - cps/ppm = 10,07.

Os dados anteriores a este pré-processamento foram avaliados por Cordeiro & Mantovani (1994), os quais constataram e quantificaram a distribuição de erros nos dados, atribuindo-os à complexidade operacional e às características geomorfológicas e climáticas regionais. Consideraram ainda que a subdivisão da área do levantamento em função das características do relevo e do clima locais poderia reduzir tais efeitos. Apesar dos problemas relatados, alguns exemplos de bons resultados, quando tratadas áreas menores, podem ser relacionados, tanto na integração geofísico-geológica, como no auxílio ao mapeamento geológico e a prospecção mineral, conforme demonstrados por Ferreira & Algarte (1979), Fornazzari Neto *et al.* (1996), Ferreira & Stevanato (1998), Silva (1999), entre outros.

Na área da presente pesquisa, Caldasso *et al.* (1995), além de Castro (1997), utilizaram os dados deste levantamento, o primeiro para o mapeamento geológico e metalogenético da Folha Botuverá, e o segundo para a caracterização dos granitóides intrudidos no Complexo Brusque. Ambos trabalharam com as variáveis geofísicas em cps e geraram mapas de contorno através de filtragens direcionais para retirar os artefatos ao longo das linhas de voo e utilizaram o método da mínima curvatura para as interpolações de malhas regulares.

Com relação a utilização dos dados micronivelados e transformados, ainda são poucos os exemplos na literatura nacional, carecendo de uma análise crítica de seus resultados, como procurou-se realizar na presente pesquisa, através da comparação com os dados originais, tratados no item 4.3.2.1.

3.6 GEOQUÍMICA

O conjunto de dados geoquímicos disponível para esta pesquisa pertence ao Levantamento Geoquímico Brusque-Botuverá, de número 6440 na base de dados da CPRM, e de outras empresas que realizaram trabalhos localizados de prospecção na área, envolvendo geoquímica de rocha e concentrados de bateia.

O referido levantamento é composto de 772 amostras de sedimentos de corrente, dentre as quais 504 na Folha Botuverá (Figura 12), incluindo estudo orientativo e levantamento regional, analisadas por emissão espectrográfica e absorção atômica para determinação de teores de Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, As, Sb, Bi, Au, Mo; por colorimetria para W e por eletrodo íon específico-fusão alcalina para F e análise de mineralógica qualitativa em concentrados de bateia e contagem de pintas de ouro (Figura 12). Outras 499 amostras de rocha, das quais 181 na área de estudo (Figura 13), foram analisadas para determinação dos óxidos principais (SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O e P_2O_5), e elementos-traço (Co, Cr, Cu, Y, Zn, Zr, Ba, Hf, Nb, Rb, e Sc).

Os elementos analisados por este levantamento foram agrupados em função de três grandes domínios geológicos presentes na área: F, W e Mo analisados para rochas granitóides (suíte Valsungana/Guabiruba e granitóide Faxinaí); Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Ag e As para a seqüência metavulcano-sedimentar (Complexo Brusque); e Cu, Pb, Zn, Ag para a seqüência vulcano-sedimentar Itajaí.

A determinação dos locais de coleta das amostras e a densidade de amostragem por bacias, seguiu os critérios do PLGB de 1 amostra/ 2.7km^2 , localizadas preferencialmente em drenagens de baixa ordem.

Os estudos orientativos preliminares ao levantamento foram realizados nas regiões dos ribeirões do Tigrano, Osvaldo e Lajeado Baixo, totalizando 58 amostras de sedimentos de corrente e concentrados de minerais pesados. Foi determinado o comportamento dos elementos farejadores de ouro (Au, Ag, As, Sb e Bi), além de Cu, Pb, Zn associados a minerais sulfetados, a partir de veios de quartzo mineralizados.

FIGURA 12 - MAPA DE AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS DE CORRENTE E CONCENTRADOS DE BATEIA COM CONTAGEM DE PINTAS DE OURO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC

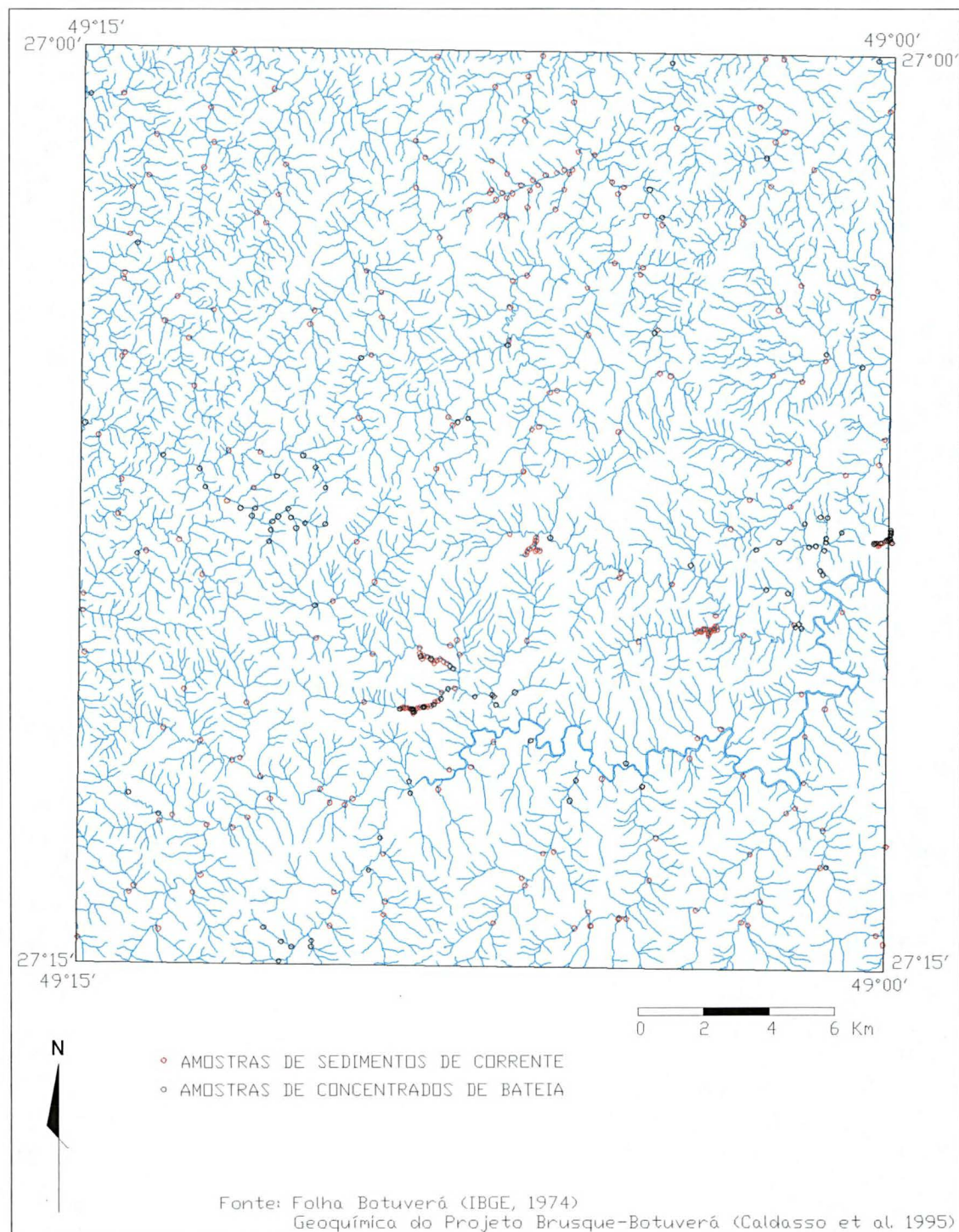
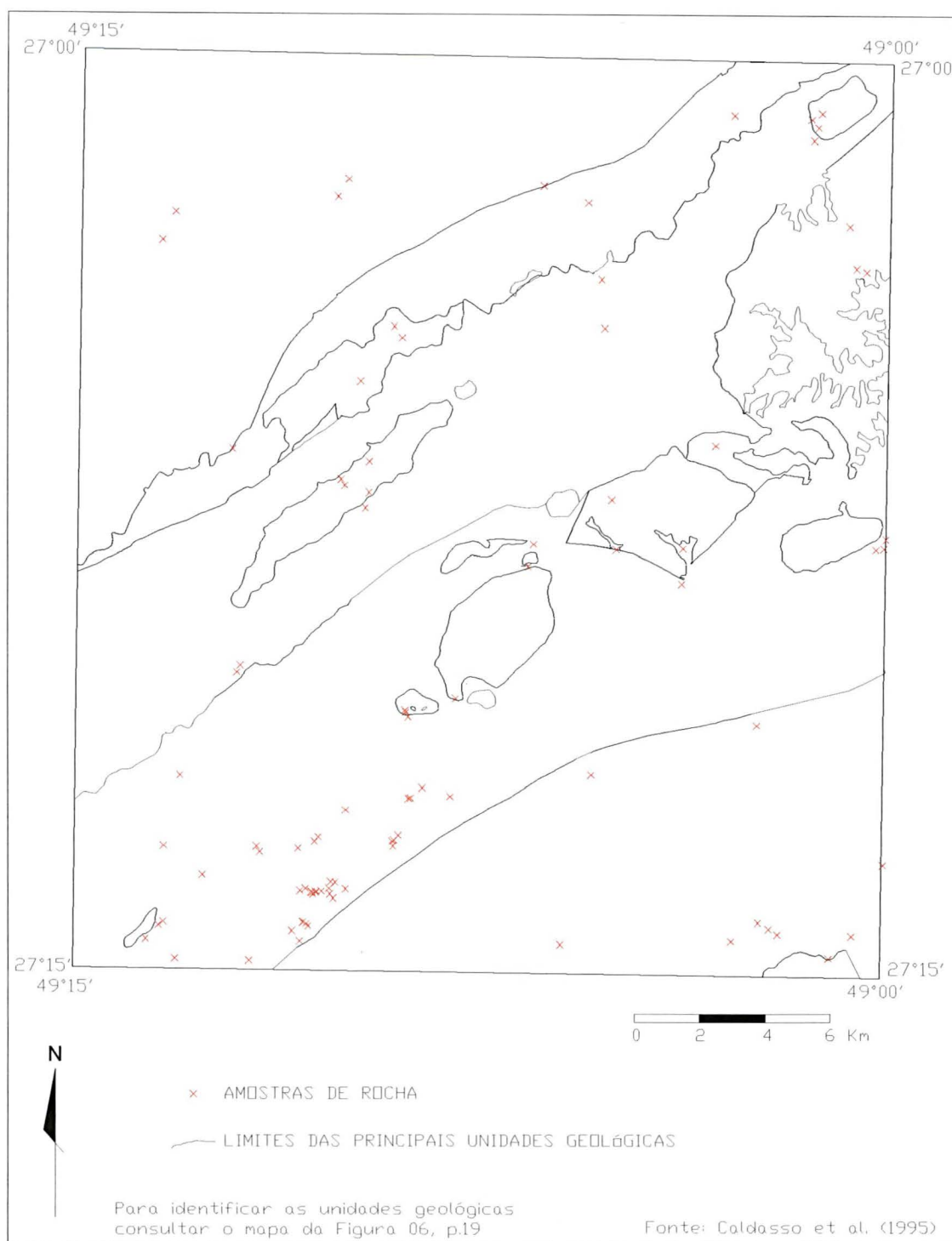


FIGURA 13 - MAPA DE AMOSTRAGEM GEOQUÍMICA DE ROCHA E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS DA FOLHA BOTUVERÁ-SC



4 TRATAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Neste item são apresentados os tratamentos aplicados aos dados, com detalhamento das técnicas de processamento utilizadas, bem como os resultados alcançados pela integração dos mesmos.

4.1 MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO

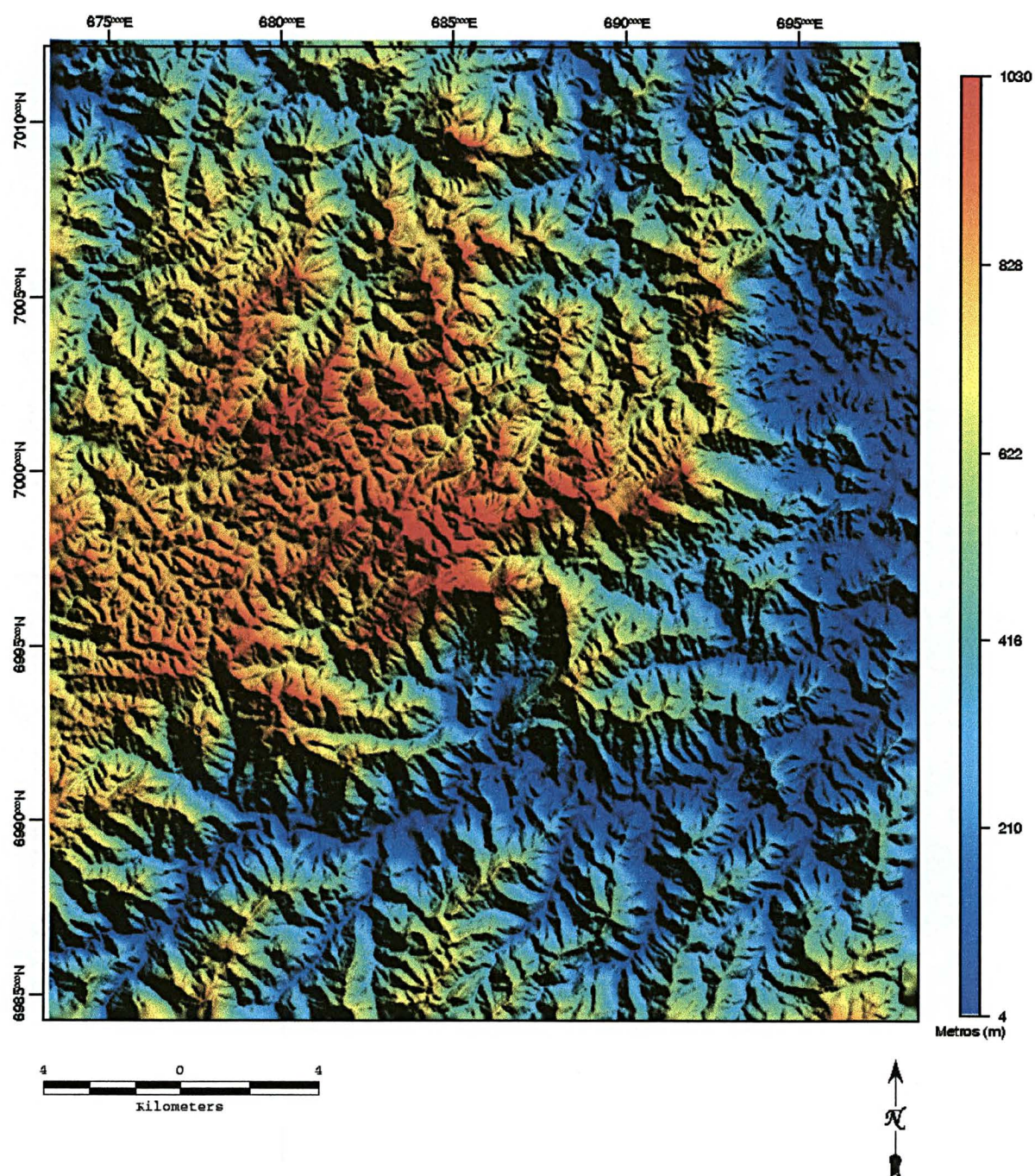
Um modelo digital de terreno (MDT) representa uma abstração da superfície do terreno, construída a partir de algoritmos matemáticos aplicados a pontos cotados (xyz), obtidos de bases topográficas, leituras do *Global Position System* (GPS), além de levantamentos topográficos. Os pontos são transformados em células regulares georreferenciadas por seu ponto central, cujo atributo Z é a média das cotas dos pontos nelas contidas. Além de uma simples visualização das variações de altitude do terreno, em duas ou três dimensões, o MDT presta-se à estudos geomorfológicos, extração da rede de drenagem, elementos estruturais, geração de mapas de declividade, insolação, estudos de vertentes, entre outros. Aplicações gamaespectrométricas modernas integradas a MDT's permitem analisar a dispersão e a dinâmica dos radionuclídeos na paisagem.

Neste trabalho, tais pontos foram capturados das curvas de nível da carta topográfica do IBGE em escala 1:50.000, digitalizadas em *AutoCad 14* e exportadas em formato de arquivo *dxf - drawing exchange file*. Este arquivo foi importado para o programa *Er Mapper* onde se realizou o processamento e geração do MDT através do método de interpolação da curvatura mínima. Este programa também disponibiliza a opção do método da triangulação, o qual foi testado com resultados igualmente satisfatórios, em função da superabundância de pontos (348.071) utilizados no processamento, além de sua distribuição homogênea (Figura 09).

Para o processamento optou-se por células de 30 x 30 m, o que corresponde a 0,6 x 0,6 mm, na escala do mapa base 1:50.000, resultando em 787.176 células. Considera-se um excelente detalhe para tal escala, conforme pode ser observado no modelo resultante (Figura 14). As variações de cota, mínima de 60 m ao longo do vale do rio Itajaí-Mirim e máxima de 1027 m na região do MCB, centro

da área, podem ser percebidas neste modelo onde as cores quentes (vermelho) representam as maiores elevações e as cores frias (azul) as baixas altitudes da área.

FIGURA 14 – MODELO DIGITAL DE TERRENO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC



4.2 INTERPRETAÇÃO DA IMAGEM LANDSAT/TM5

Na porção central da área foi identificada nesta pesquisa uma morfoestrutura sigmoidal, importante no contexto das mineralizações, associada à fase tardi-colisional, rúptil-dúctil, com cinemática lateral direita. Tal estruturação é evidenciada tanto na imagem de satélite quanto no MDT e nos mapas de curvas de nível e de drenagem. As ocorrências do MCB, Braço da Cristalina, Tigrano, Russo e Três Barras estão aparentemente controladas por esta estrutura e encaixadas nas zonas de cisalhamento que a define.

Os lineamentos extraídos da imagem do satélite Landsat TM/5, banda 4, por Castro (1996), Figura 15, evidenciaram quatro direções principais: $N45^{\circ}W$ com maior frequência, seguida de $N67^{\circ}-83^{\circ}E$, $N75^{\circ}W$, NS e, finalmente, EW, com menor frequência (Figura 16).

Estes lineamentos, definidos por elementos lineares de relevo, negativos, caracterizaram melhor as estruturas rúpteis de direção noroeste associadas ao mesozóico, enquanto as direções nordeste estão possivelmente relacionadas à transcorrências da fase D3.

FIGURA 15 - LINEAMENTOS EXTRAÍDOS DA IMAGEM LANDSAT/TM5 E OCORRÊNCIAS DE OURO

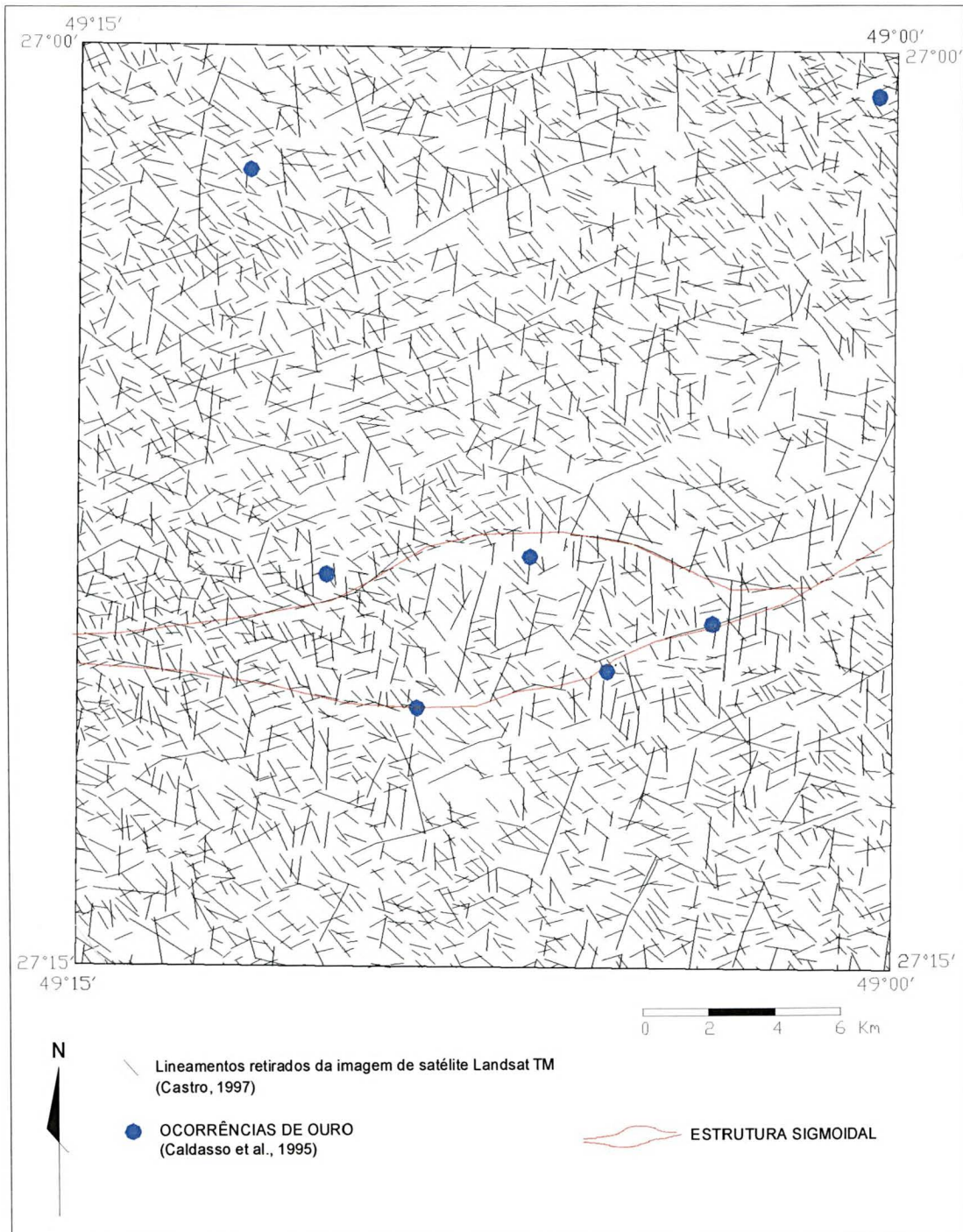
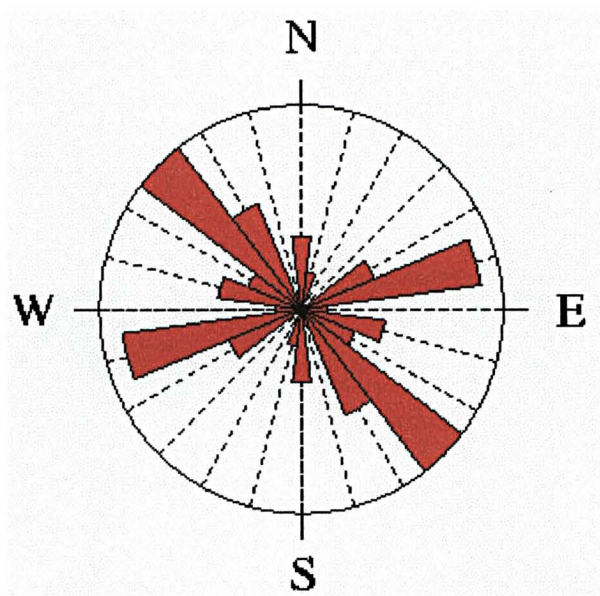


FIGURA 16 - DIAGRAMA DE ROSETA DOS LINEAMENTOS EXTRAÍDOS DA IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT/TM5



2903 Lineamentos

Graduação do diagrama = 15°

4.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS

O processamento dos dados aerogeofísicos envolveu uma série de etapas, com o emprego de técnicas corriqueiras como análise estatística básica, interpolação e geração de mapas e imagens coloridas, além de pseudoiluminação para realçar as direções desejadas, e métodos mais sofisticados de processamento como micronivelamento e filtragens aplicadas aos dados magnetométricos. Quanto a gamaespectrometria, foram determinadas as assinaturas gamaespectrométricas com sugestão de novos alvos exploratórios a partir do processamento e geração de novas variáveis que relacionaram os radioelementos, como razões, normalizações e parâmetro F, os quais serão descritos adiante.

Inicialmente foram extraídas janelas correspondentes à área de estudo, dos arquivos digitais fornecidos pela CPRM, uma dos dados originais e outra dos dados processados pelo projeto BARMP (1997), com o objetivo de compará-los e verificar sua pertinência para a presente pesquisa.

A janela abrangeu um conjunto de 9247 amostras, distribuídas ao longo de 37 linhas de vôo, conforme indica o mapa da Figura 17. Nota-se que há variações no espaçamento entre as linhas de vôo, chegando a 2000m na porção centro oriental da área, onde falta uma linha de vôo.

O processamento para a geração de mapas coloridos a partir de malhas regulares foi realizado no programa *GEOSOFT* e fundamentou-se no método da mínima curvatura de Briggs (1974). Foram testados diversos tamanhos de célula, sendo utilizado o de 250 m como sugestão de Vasconcellos (1990), o qual aponta que o ideal é um tamanho referente a um quarto (1/4) ou até um oitavo (1/8) do espaçamento entre as linhas de vôo do levantamento. Os mapas gerados com este tamanho de célula resultaram em uma falha na região onde falta uma linha de vôo, porém os mesmos foram utilizados sem prejuízo para a pesquisa. No caso dos dados aeromagnetométricos, esta falha foi contornada pelas várias etapas de manipulação dos dados através do processamento de micronivelamento, mantendo-se o mesmo parâmetro de interpolação. Já para os dados gamaespectrométricos, os mapas foram gerados inicialmente com esta célula para as análises, e, posteriormente, para apresentação, com células de 750x750m de forma a minimizar tal problema.

Também foi avaliada a possibilidade de realizar uma interpolação pelo método geostatístico da *krigagem*. Este método leva em consideração a dependência espacial entre os dados. Desta forma, foram realizados testes de variografia, através dos quais não foi possível estabelecer um semi-variograma na direção perpendicular as linhas de vôo, impossibilitando, a princípio, a determinação de uma elipse para a execução da *krigagem*. Contudo, considerou-se que esta análise implicaria em um grande esforço, divergindo do enfoque da pesquisa. Além de julgar que a utilização do primeiro método em detrimento do último não traria prejuízo para os resultados, as análises e interpretações foram realizadas não somente por meio de mapas coloridos, mas também através de outros produtos como perfis empilhados das linhas de vôo e discriminação de anomalias através de mapas de pontos.

FIGURA 17 - MAPA DE LINHAS DE VÔO DA FOLHA BOTUVERÁ-SC



4.3.1 Aeromagnetometria

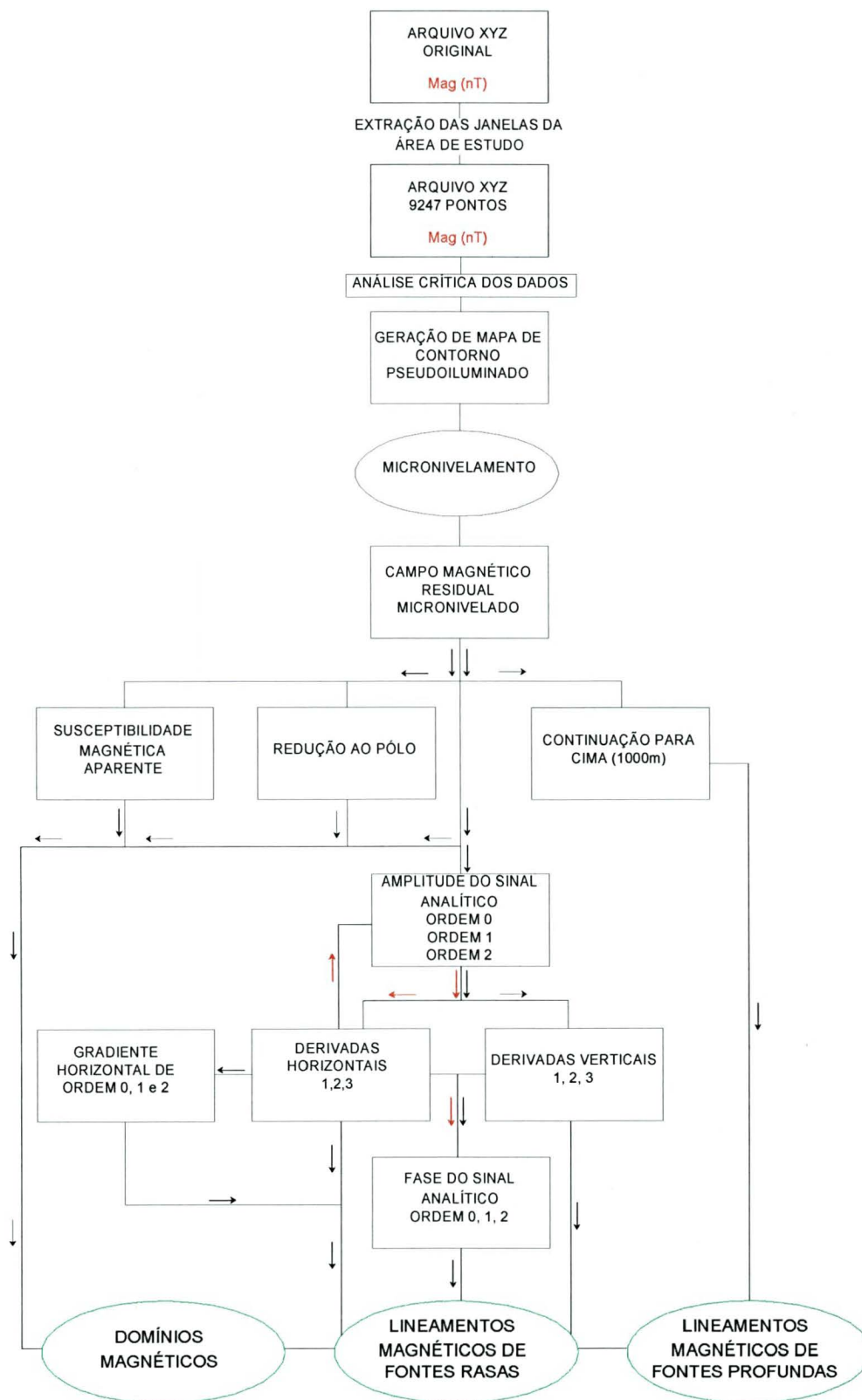
Segundo Gunn *et al.* (1997), a interpretação de dados aeromagnéticos requer o uso de inúmeras técnicas relevantes de realce para uma melhor definição dos limites geológicos e das fontes magnéticas. O processo de interpretação consiste em aplicar o raciocínio geológico para deduzir quais os tipos litológicos responsáveis pelas respostas magnéticas e as relações estruturais entre estes.

O processamento dos dados aeromagnetométricos envolveu a aplicação de filtros e operações entre *grids*, cuja análise e interpretação resultaram em três produtos: um mapa de domínios magnéticos; um mapa de lineamentos magnéticos de fontes rasas e um mapa de lineamentos magnéticos de fontes profundas.

Da aplicação de filtros, sobre a malha do campo magnético residual micronivelado, resultaram os mapas de susceptibilidade magnética aparente, redução ao pólo, continuação para cima (1000 m), amplitude e fase do sinal analítico, gradiente horizontal, derivadas horizontais e verticais.

A partir da malha do campo magnético residual micronivelado foram gerados os mapas do sinal analítico de ordem zero e os mapas das derivadas horizontais e verticais de ordens 1, 2 e 3. Ao aplicar a primeira vez o filtro do sinal analítico sobre o campo residual micronivelado, no programa *Geosoft*, automaticamente são geradas as primeiras derivadas horizontais e vertical. Então, sobre a primeira derivada vertical novamente aplicou-se o filtro sinal analítico, agora de ordem 1, gerando automaticamente as segundas derivadas, e, a partir deste ciclo, até a segunda ordem do sinal analítico. A partir das derivadas horizontais foram calculados os gradientes horizontais de ordens zero, 1 e 2, e das derivadas horizontais e verticais foram calculados os mapas de fase do sinal analítico (Figura18).

FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROMAGNETOMÉTRICOS



4.3.1.1 Micronivelamento

Variáveis contínuas tomadas através de malhas irregulares, onde o espaçamento entre as leituras ao longo da direção do levantamento é muito menor do que na direção perpendicular, comumente da ordem de 10 a 20 para 1, podem gerar, durante o processo de interpolação da malha regular, tendências chamadas de artefatos ("puxamentos") ao longo da direção de maior amostragem.

Para dados magnetométricos, a questão dos artefatos ao longo das linhas de vôo implica não somente na discussão do método de interpolação mais adequado, mas também no entendimento das propriedades físicas inerentes ao método geofísico, como comprimento de onda e frequência, as quais compõem o campo magnético terrestre.

As técnicas convencionais de filtragem direcional como *coseno* direcional e a geoestatística, através da interpolação por *krigagem*, são comumente utilizadas com tal intento, porém geralmente ineficientes, a primeira por forçar em demasia uma tendência perpendicular a direção do levantamento e mascarar as demais direções, enquanto a segunda, apesar de ser considerada o melhor método de interpolação, suaviza muito os dados, limitando as altas frequências.

Os erros de nivelamento associados a dados geofísicos podem ainda ser atribuídos à imprecisão do posicionamento das linhas de vôo, ao número de linhas de controle perpendiculares àquelas, problemas de calibração dos sensores e, principalmente, pela grande diferença entre a amostragem ao longo das linhas de vôo e suas normais. No caso do levantamento em questão, a relação é de 56m ao longo das linhas e de 1000m em média entre elas.

Para minimizar tal problema Minty (1991), baseado em Urquhart (1988), desenvolveu a técnica do micronivelamento, a qual consiste na aplicação de um filtro passa-alta perpendicular à direção de amostragem, seguida de um filtro passa-baixa paralelo às linhas de vôo, considerando que esta ordem pode ser invertida gerando o mesmo resultado. De acordo com o manual do programa *Geosoft*, tais filtros são considerados lineares por tratarem todos os dados por igual. O primeiro corta as altas frequências (pequenos comprimentos de onda), enquanto o segundo suprime as baixas frequências (grandes comprimentos de onda). Luyendyk (1997) considera que tal técnica é a mais adequada para minimizar as tendências ao longo das linhas

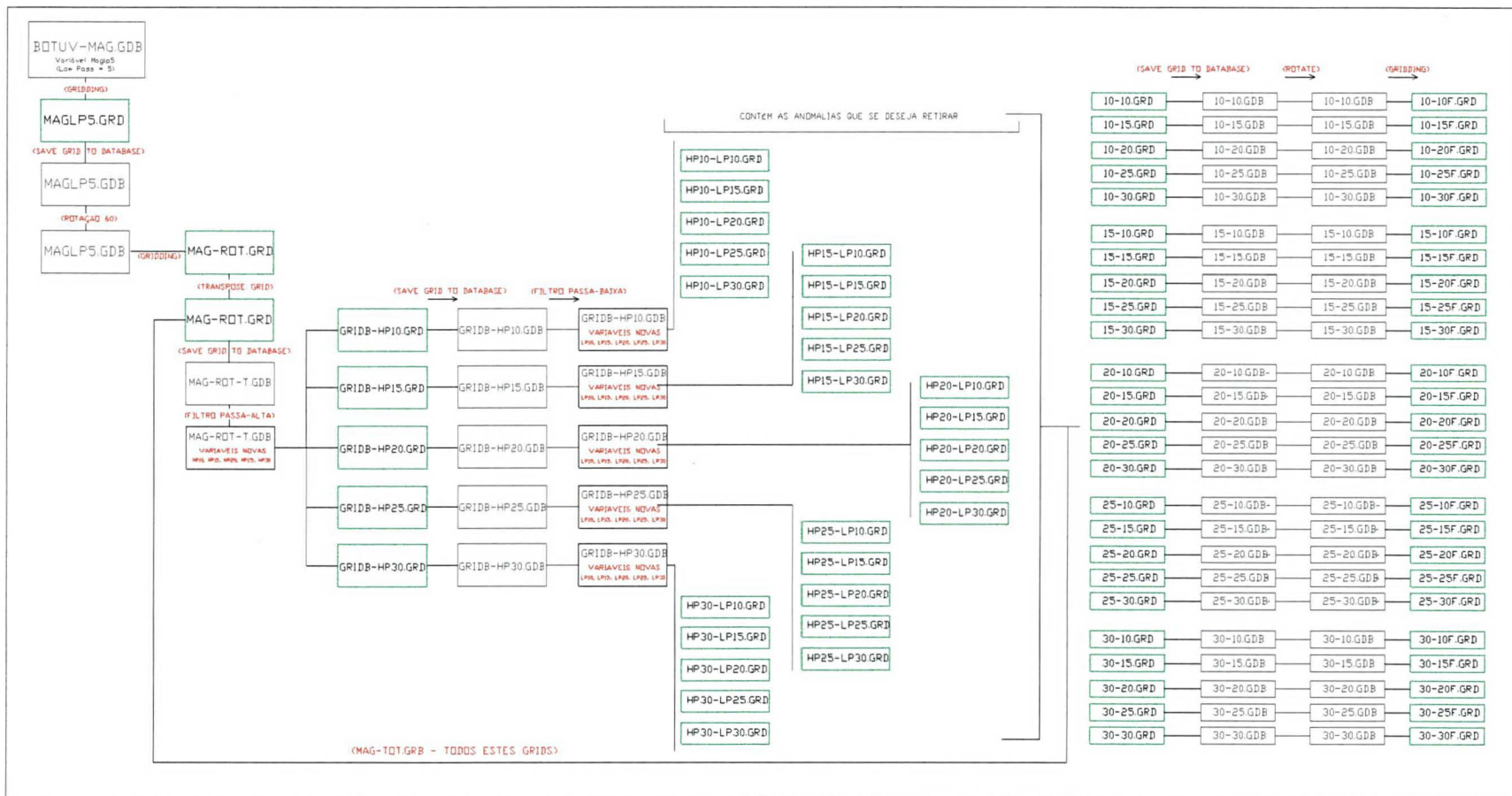
de vôo por, em tese, não afetar o espectro de frequência dos dados, apesar de não distinguir adequadamente as eventuais anomalias reais paralelas à direção do levantamento, por limitações matemática dos filtros.

Tal procedimento, apesar de simples, é de implementação computacional laboriosa, pois exige várias etapas de processamento, onde a determinação dos valores de corte dos filtros envolve tentativa e erro e a escolha da malha micronivelada deve ser a resultante da aplicação dos filtros com extração do maior comprimento de onda possível ao longo das linhas de vôo e o menor comprimento de onda possível perpendicular às linhas de vôo.

O micronivelamento da área de estudo, com base na metodologia acima descrita, foi realizado através do programa *Geosoft 4.3*, seguindo as etapas implementadas por Silva (2000) e sintetizadas através do fluxograma da Figura 19.

Os dados do campo magnético residual do arquivo original XYZ fornecido pela CPRM, foram interpolados através do método da mínima curvatura (Briggs, 1974) com células de 250 x 250 m, gerando uma malha regular representada no mapa da Figura 20, pseudoiluminado segundo a direção 225° (perpendicular as linhas de vôo), para verificar a presença indesejada de artefatos. Em seguida este arquivo foi transformado em um arquivo de base de dados através do comando *save grid to database*, da *Geosoft*, para então ser rotacionado 60° a fim de fixar os valores das coordenadas X e permitir a aplicação do primeiro filtro passa-alta ao longo da direção Y, perpendicular às linhas de vôo. Este último arquivo foi interpolado com o mesmo tamanho de célula, gerando uma malha a qual foi transposta e salva para um arquivo de dados, permitindo a aplicação dos filtros passa-alta na direção Y, agora paralela a direção do levantamento, com frequências de corte de 10, 15, 20, 25 e 30. Estes cinco arquivos (*grids*) foram convertidos para arquivos de banco de dados, sobre os quais foi aplicado o filtro passa-baixa com corte de 10, 15, 20, 25 e 30. Esta combinação resultou em 25 mapas de contorno. De acordo com a técnica, estes arquivos contêm os ruídos que se deseja extrair dos dados, através da operação de subtração destes arquivos convertidos a banco de dados do arquivo inicial rotacionado, gerando os arquivos micronivelados. Novamente foram transformados em banco de dados e rotacionados à posição original do levantamento e então, finalmente, contornados com os mesmos parâmetros para gerar os mapas de contorno, encerrando o processo. A escolha do melhor resultado,

FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DETALHADO DO MICRONIVELAMENTO



conforme discutido acima, foi a do mapa de contorno gerado a partir do filtro passa-alta de 20 e passa-baixa de 10, sendo este utilizado para os processamentos seguintes. Tal resultado, demonstrado nas Figuras 21 e 22, pode ser comparado ao mapa de contorno inicial não micronivelado da Figura 20.

FIGURA 20 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 225°, INDICANDO AS LINHAS DE VÔO

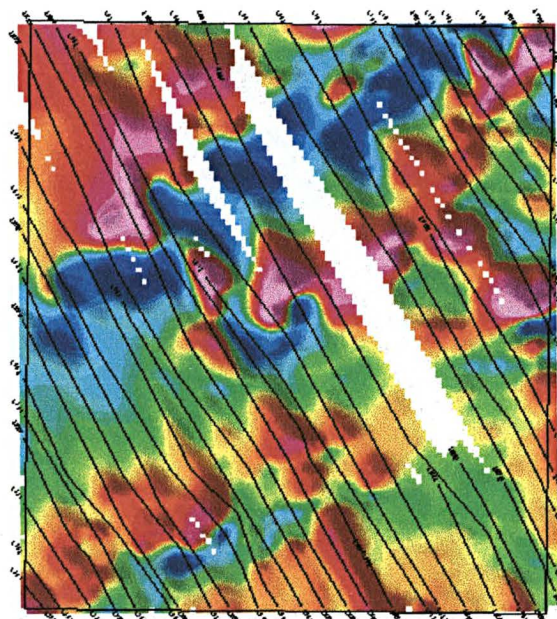


FIGURA 21 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL MICRONIVELADO, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 225°, INDICANDO AS LINHAS DE VÔO

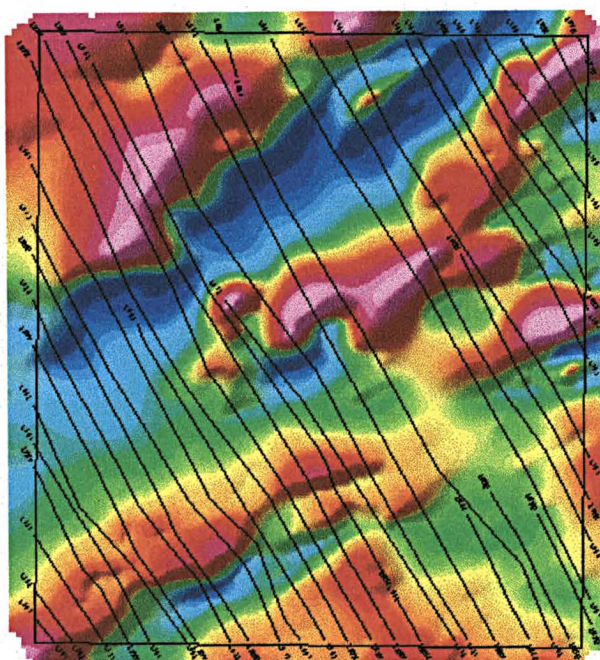
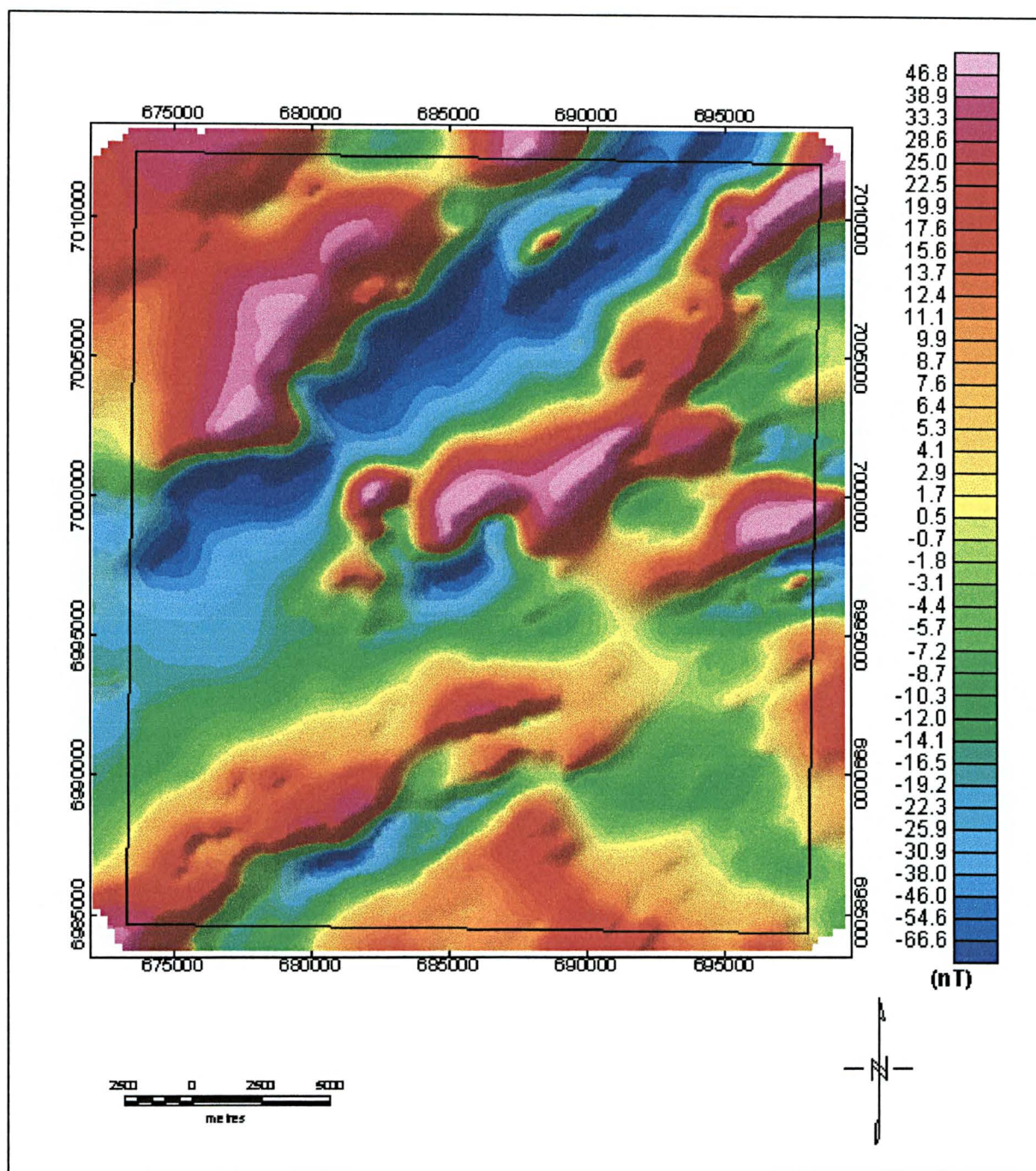


FIGURA 22 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL MICRONIVELADO, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°



4.3.1.2 Redução ao Pólo

Um corpo magnético, com características fixas (espessura, comprimento, mergulho e susceptibilidade magnética), apresenta anomalias distintas de acordo com a sua localização geográfica (latitude magnética), dificultando sua interpretação. Desta maneira, a interpretação de uma anomalia pode resultar em duas ou mais possibilidades de corpos geológicos, caracterizando uma ambigüidade inerente ao método.

A redução ao pólo dos dados magnéticos (Figura 23) pode auxiliar na interpretação dos corpos que causam as anomalias, visto que isso implica em uma modificação do campo magnético e, portanto, da forma e posição das anomalias, altos e baixos magnéticos, reposicionando-as sobre os corpos magnéticos, como ocorre nos pólos. Porém, há dificuldades nesta redução em baixas latitudes em função de distorções. Vacquier *et. al.* (1951) consideraram que para latitudes inferiores a 50° a relação da anomalia pode não ser óbvia.

O pacote do programa *Geosoft v5* já possui um algoritmo matemático que procura minimizar tal efeito. Neste programa, para executar a redução ao pólo, é necessário informar os valores da inclinação geomagnética I , declinação geomagnética D e o ângulo de inclinação em graus usado para a correção da amplitude I_a , de um ponto central da área, relacionados através da seguinte formulação matemática:

$$L(\theta) = \frac{[\sin(I) - i \cdot \cos(I) \cdot \cos(D - \theta)]^2}{[\sin^2(I_a) + \cos^2(I_a) \cdot \cos^2(D - \theta)] \cdot [\sin^2(I) + \cos^2(I) \cdot \cos^2(D - \theta)]}$$

se ($|I_a| < |I|$), $I_a = I$

Onde:

I = inclinação geomagnética

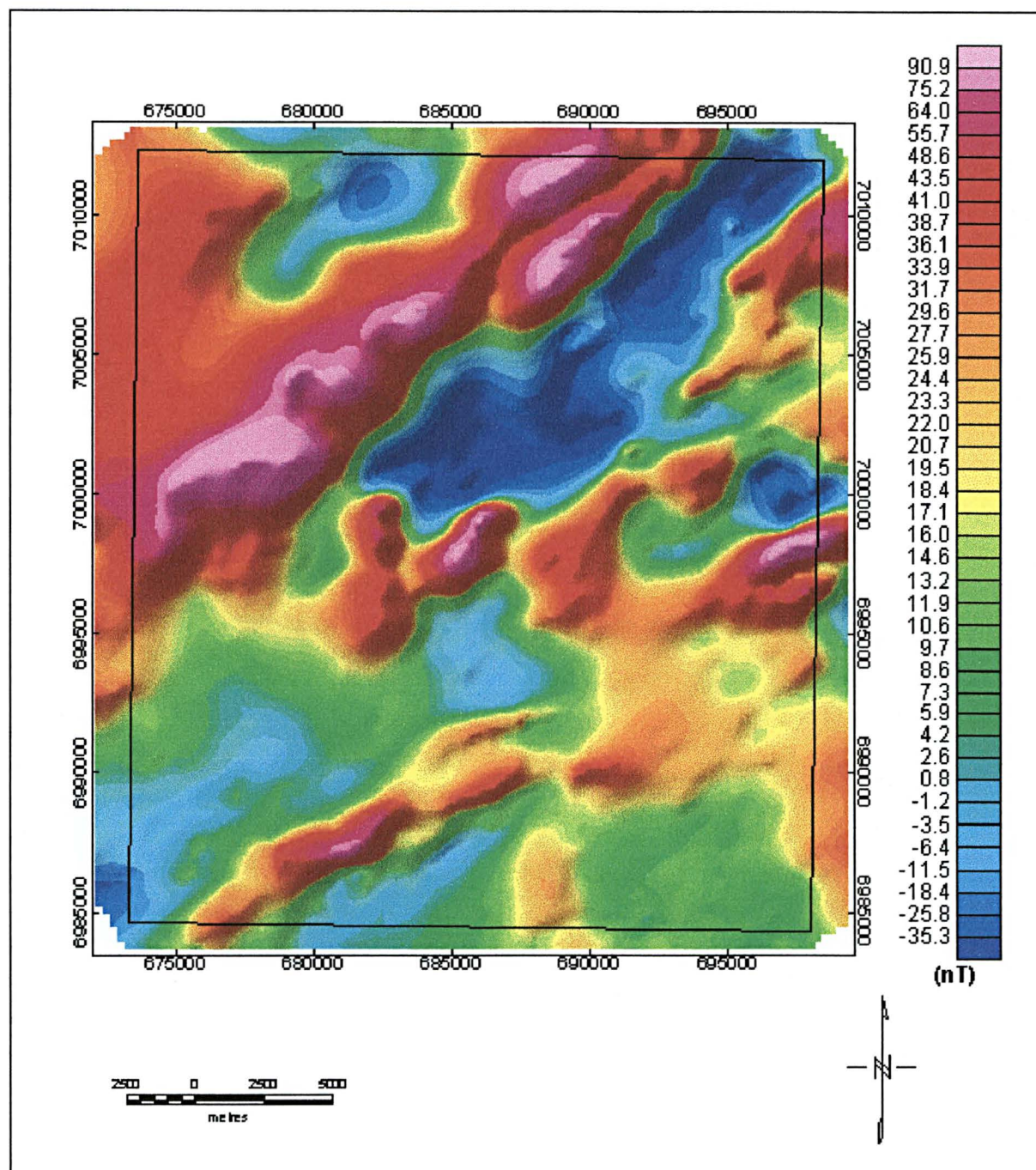
I_a = inclinação para correção da amplitude

D = declinação geomagnética

Parâmetros:

I_a = inclinação para ser usada na correção da amplitude

FIGURA 23 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL REDUZIDO AO PÓLO, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°



A redução ao pólo envolve uma componente de amplitude (termo $\sin(I_a)$) e uma componente de fase ($i \cos(I) \cos(D - \theta)$).

Os parâmetros do campo geomagnético foram determinados para o ponto central da Folha Botuverá, com coordenadas $27^{\circ} 7,5'$ de latitude sul e $49^{\circ} 7,5'$ de longitude oeste, para a época do levantamento 1976, resultou em $D = -13 18'$, $I = -28 2'$ e $F = 23683$.

4.3.1.3 Susceptibilidade magnética aparente

A susceptibilidade magnética de um corpo rochoso é uma propriedade física, impressa na rocha durante a sua gênese, e pode ser medida através de susceptibilímetros. As influências locais que os corpos geológicos causam no campo magnético terrestre definem anomalias magnéticas as quais são medidas através de magnetômetros. Através dos valores do campo magnético obtidos durante um levantamento, seja terrestre ou aéreo, é possível, através de filtros, calcular uma susceptibilidade magnética aparente (Figura 24). Esta possibilidade é embasada na suposição de que se todas as anomalias de uma região são causadas por prismas verticais de base quadrada e comprimento de onda infinito (Bhattacharyya, 1966), é possível transformar os dados do campo magnético em uma distribuição em área da magnetização que causa tais anomalias (Milligan & Gunn, 1997).

O filtro envolve redução ao pólo e continuação para baixo até a superfície do solo, para então gerar os valores de susceptibilidade aparente, de acordo com as expressões:

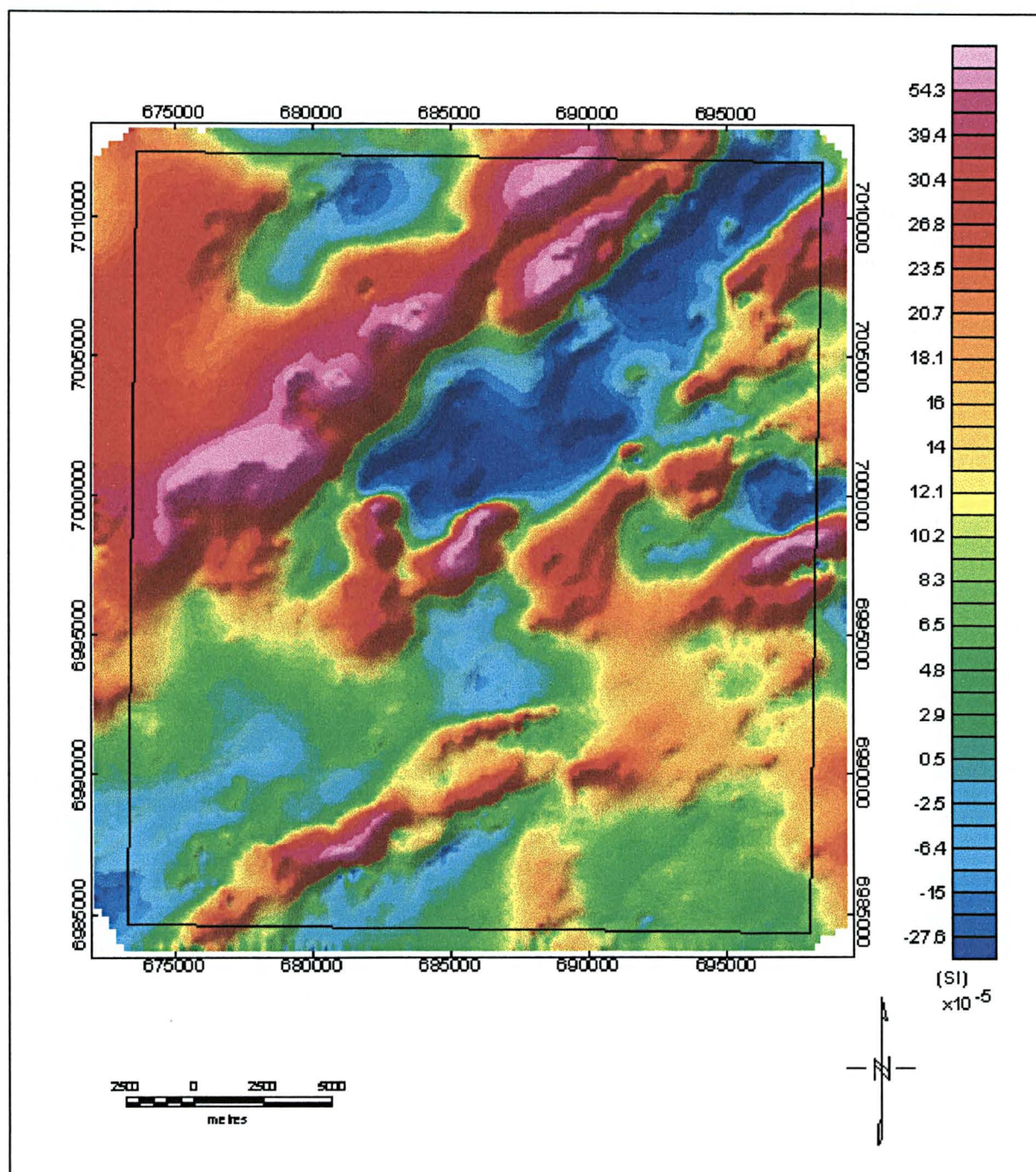
$$L(r, \theta) = \frac{1}{2\pi F \cdot H(r) \cdot \Gamma(\theta) \cdot K(r, \theta)}$$

$$H(r) = e^{-hr}$$

$$\Gamma(\theta) = [\sin I_a + i \cos I \cdot \cos(D - \theta)]^2$$

$$K(r, \theta) = \left[\frac{\sin(ar \cos \theta) \cdot \sin(ar \sin \theta)}{ar \cos \theta \cdot ar \sin \theta} \right]$$

FIGURA 24 - MAPA DA SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA APARENTE, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°



Onde:

(r) continuação para baixo até h

$\Gamma(\theta)$ redução para o pólo

(r_1) fator geométrico de um prisma vertical (dimensão em $2a2a$)

I inclinação geomagnética

I_a amplitude de inclinação de redução ao pólo

D declinação geomagnética

F intensidade do campo magnético total

r número de onda (radianos/unidade de terreno) Nota: ($r = 2\mu k$ onde k é ciclo/unidade de terreno)

direção do número de onda (*azimute*)

a metade do tamanho da célula

Parâmetros solicitados para o cálculo:

h profundidade em metros relativo ao nível de observação para o qual será calculada a susceptibilidade.

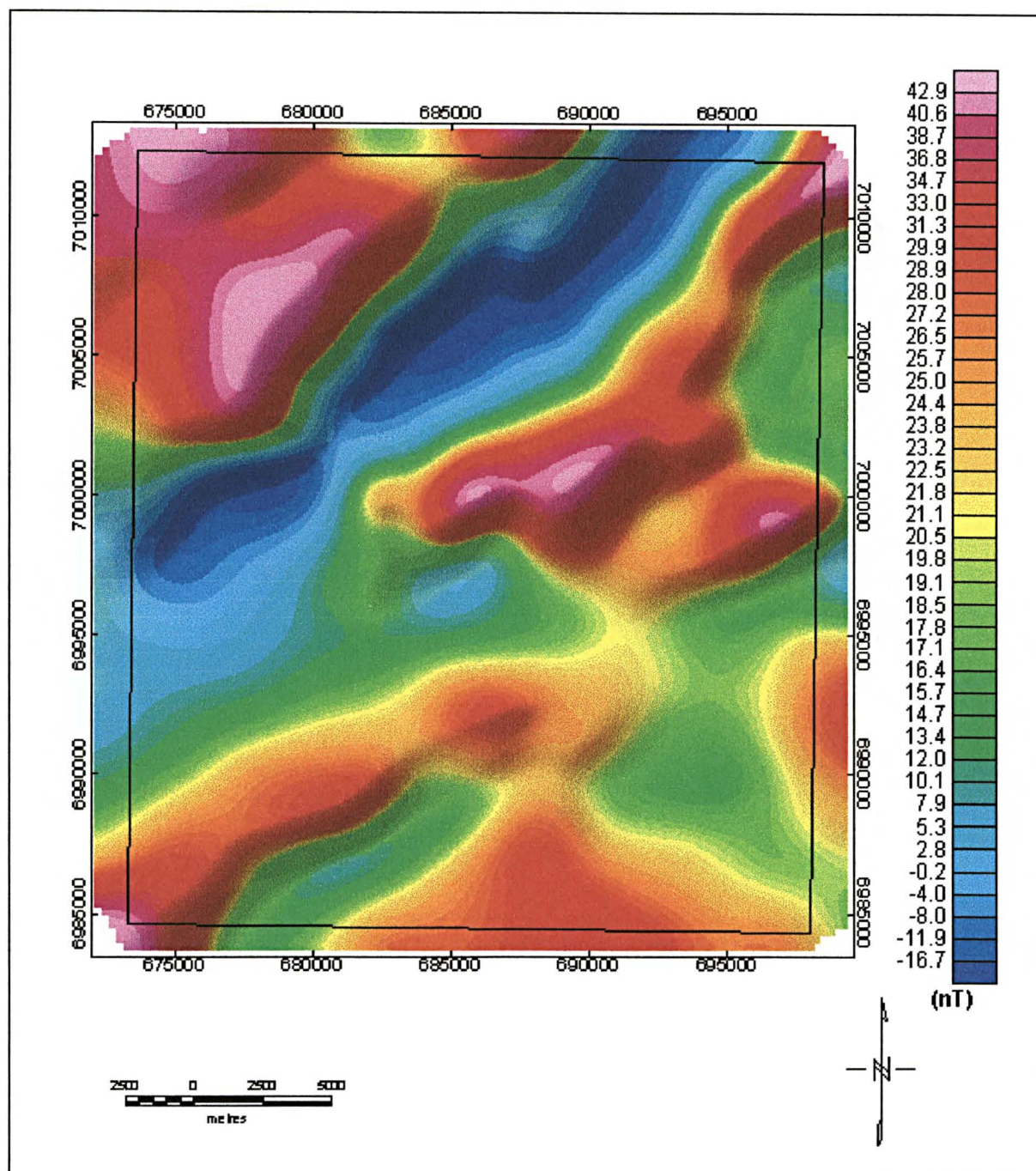
I_a - componente em fase da inclinação para redução ao pólo

4.3.1.4 Continuação para cima

O filtro de continuação para cima, da mesma forma que o da continuação para baixo, recalcula os dados do campo magnético para um plano de referência qualquer, cuja altura em relação ao terreno é determinada pelo intérprete e de acordo com seus objetivos. Continuar um dado para cima significa simular como se o levantamento tivesse sido realizado a uma altura de vôo maior, reduzindo a sensibilidade às fontes superficiais e ruídos de alta frequência, e destacando as fontes profundas de baixa frequência e grande comprimento de onda, associadas as estruturas regionais.

O campo magnético residual micronivelado da área de estudo foi continuado para cima a uma altura de 1000 m (Figura 25).

FIGURA 25 - MAPA MAGNÉTICO RESIDUAL CONTINUADO PARA CIMA (1000m),
PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°



4.3.1.5 Amplitude e fase do sinal analítico

O sinal analítico é considerado uma função complexa, associada a qualquer função real, que relaciona os campos magnéticos através das derivadas vertical (G_z) e horizontais (G_x e G_y). A parte real da função é definida pela própria função, e a imaginária, pela transformada de Hilbert aplicada a ela.

A sua amplitude é definida pela equação proposta por Nabighian (1984), a qual resulta da raiz quadrada da soma dos quadrados de cada derivada do campo magnético. Esta equação pode assim ser expressa:

$$|A(x, y)| = \sqrt{(G_x)^2 + (G_y)^2 + (G_z)^2}$$

Onde:

G anomalia do campo potencial

$G_x = \partial G / \partial x$ (derivada parcial horizontal em x)

$G_y = \partial G / \partial y$ (derivada parcial horizontal em y)

$G_z = \partial G / \partial z$ (derivada parcial vertical em z)

Roest *et al.* (1992) consideraram que a resposta derivada deste cálculo, amplitude do sinal analítico, não é afetada pela direção de magnetização atual e remanescente das fontes causadoras e pela direção do campo geomagnético. Isto torna esta técnica mais interessante que a redução ao pólo quanto à interpretação da posição das fontes magnéticas, pois independe da magnetização.

Hsu *et al.* (1996), visando uma melhor forma de definir as fontes anômalas rasas, sugerem o uso do sinal analítico obtido das segundas derivadas horizontais e vertical, cuja amplitude do sinal pode ser determinada pela seguinte equação:

$$|A_I(x, y)| = \sqrt{[(\partial^2 / \partial x^2)G_x]^2 + [(\partial^2 / \partial y^2)G_y]^2 + [(\partial^2 / \partial z^2)G_z]^2}$$

Desta forma pode-se calcular a amplitude do sinal analítico de ordem zero (das primeiras derivadas horizontais e vertical), ordem 1 (das segundas derivadas conforme a expressão acima) e de ordem 2 (das terceiras derivadas).

A fase do sinal analítico é uma extensão da teoria proposta por Nabighian (1984) e Thurston & Smith (1997), a qual permite a estimativa do mergulho e o

contraste de susceptibilidade das fontes causadoras das anomalias. É um ângulo entre a parte imaginária e a real em cada ponto da função, ou seja, entre a derivada vertical e o gradiente horizontal. É útil para mapear estruturas e discontinuidades que possuam expressão magnética. A fase do sinal analítico pode ser definida como:

$$\Phi_n(x, y, z) = \arctan \left[\frac{\left[\frac{\partial G_z^n}{\partial z} \right]}{\sqrt{\left[\frac{\partial G_z^n}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial G_z^n}{\partial y} \right]^2}} \right]$$

Onde:

n é a ordem da derivada

Além da amplitude do sinal analítico de ordem zero (Figura 26), a fase do sinal analítico foi calculada para as ordens zero, 1 e 2 (Figuras 27, 30 e 32, respectivamente).

4.3.1.6 Derivadas do campo magnético

A derivada horizontal é um filtro de alta frequência aplicado às componentes x e y, permitindo realçar os gradientes das possíveis fontes anômalas (Stanley, 1977), enquanto a derivada vertical amplifica os comprimentos de onda curtos, acentuando os gradientes das bordas dos corpos magnéticos rasos (Peters, 1949).

O cálculo da derivada horizontal envolve uma transformação de fase que, geralmente, mostra como resultado picos de anomalias localizadas nas bordas dos corpos de grandes dimensões, facilitando sua delimitação, enquanto para corpos estreitos a interpretação torna-se extremamente ambígua, tornando esta derivada menos importante que a vertical (Milligan & Gunn, 1997).

A derivada vertical no domínio de Fourier, ou domínio do número de onda, pode ser definida como:

$$\Im \left[\frac{\partial^n V}{\partial z^n} \right] = |k|^n \Im [V], \quad k = \left[k_x^2 + k_y^2 \right]^{1/2}$$

Onde:

V é o campo potencial magnético;

\mathfrak{F} transformada de Fourier da função entre colchetes;

n índice da ordem de derivação

$k =$ é o número da onda superficial, definido como $2\pi/\lambda$, i.e, inversamente proporcional ao comprimento de onda superficial λ .

K_x e k_y , números de onda segundo os eixos equivalentes no domínio de Fourier a X e Y .

No programa *Geosoft* há duas maneiras de se obter as derivadas, a primeira, através da aplicação de filtros aos dados que se deseja derivar, e a segunda como resultado da aplicação do filtro de amplitude do sinal analítico. Como demonstrado, este filtro utiliza as derivadas que são geradas automaticamente quando ele é aplicado.

Durante a pesquisa foram gerados mapas da primeira, segunda e terceira derivada vertical, todos utilizados na geração dos mapas de fase e amplitude do sinal analítico (item 4.3.1.5), dentre os quais, o primeiro pode ser observado na Figura 29.

4.3.1.7 Gradiente Horizontal

O gradiente horizontal (Figuras 28, 31) é calculado por uma relação entre as derivadas horizontais G_x e G_y de acordo com a seguinte função:

$$GH = \sqrt{[(G/G_x)^2 + (G/G_y)^2]}$$

Onde:

G anomalia de campo potencial

$G_x = \partial G / \partial x$ (derivada parcial horizontal em x)

$G_y = \partial G / \partial y$ (derivada parcial horizontal em y)

FIGURA 26 - MAPA DA AMPLITUDE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (0), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°

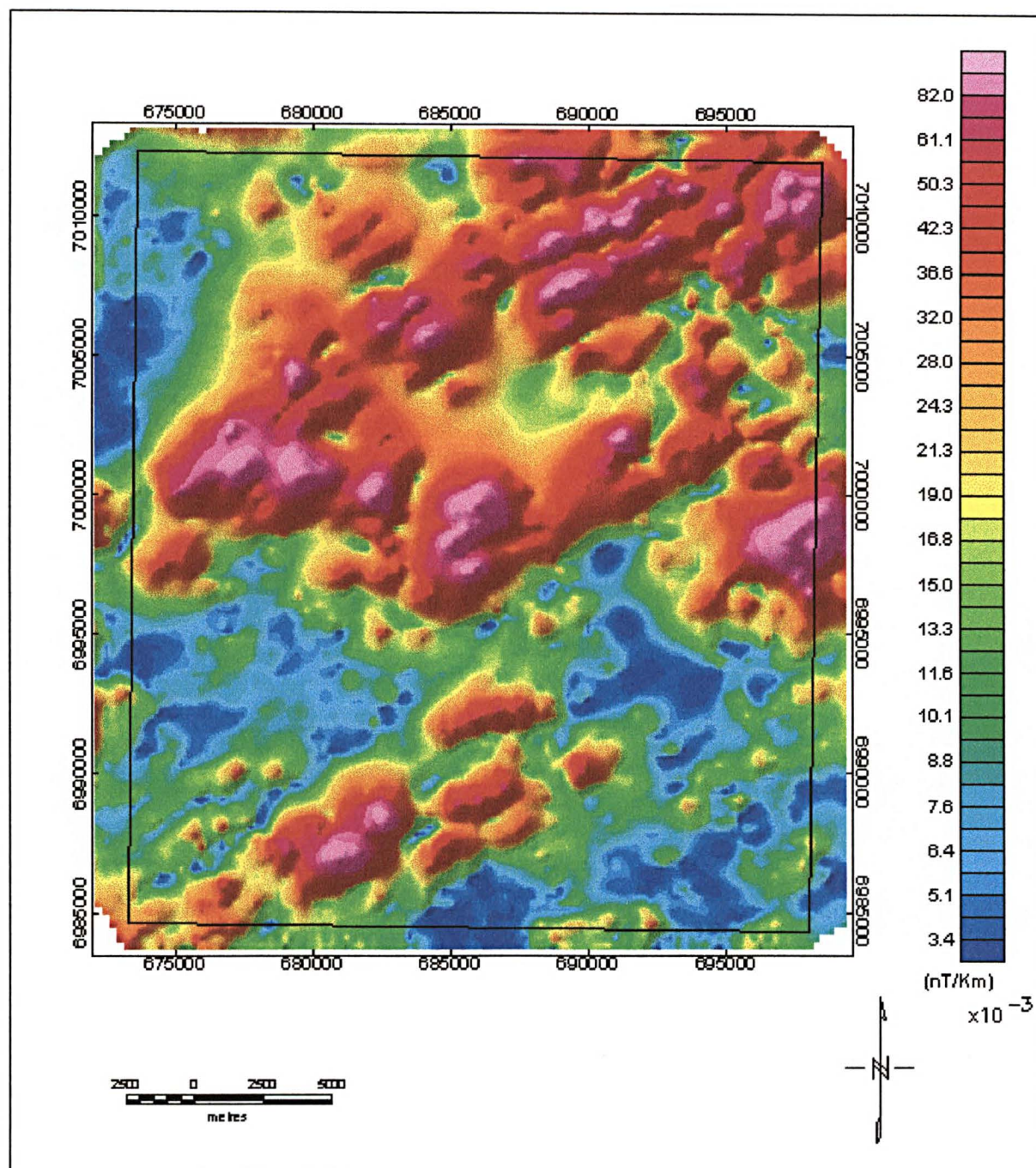


FIGURA 27 - MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM ZERO (0), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°

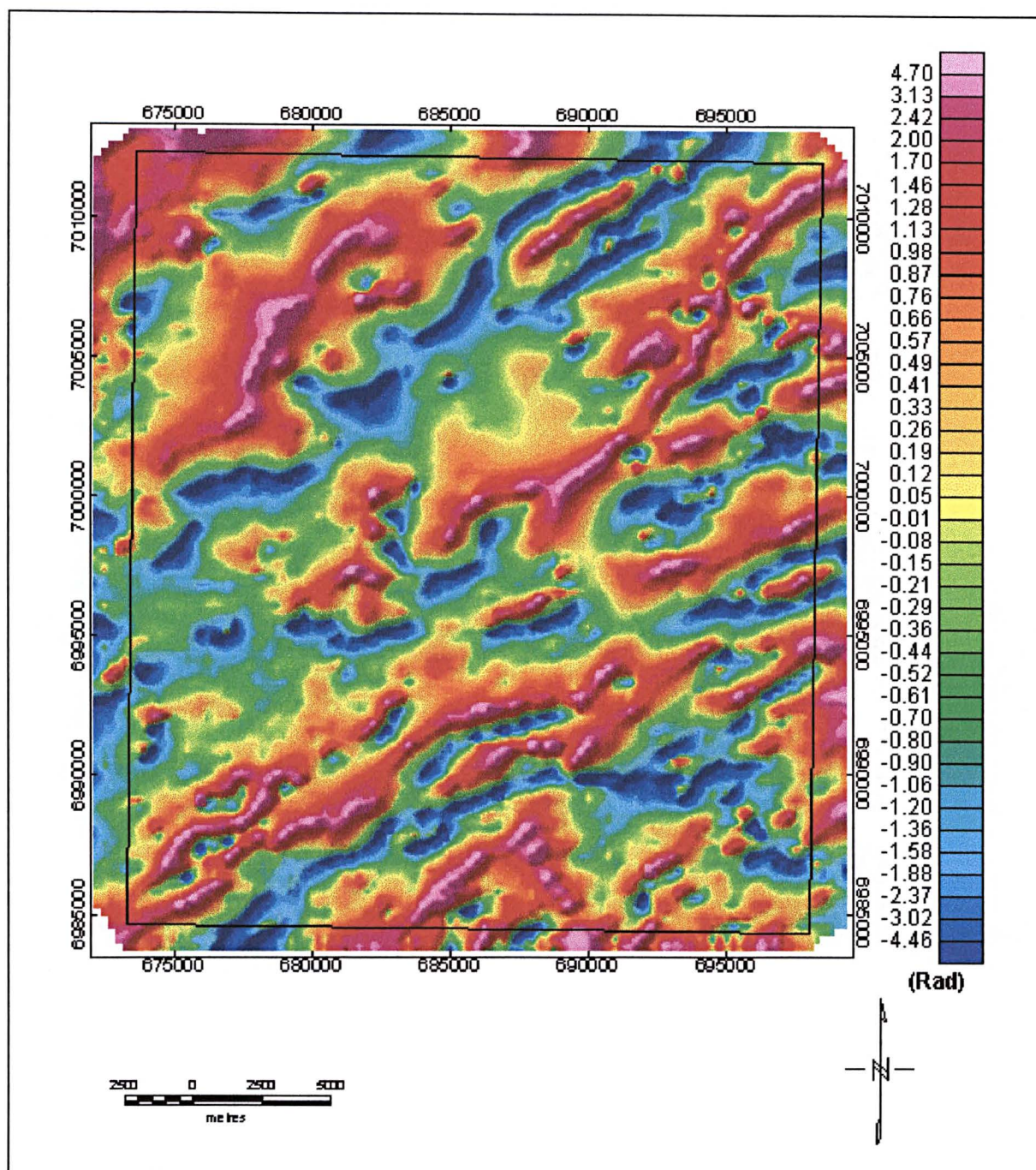


FIGURA 28 - MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL DE ORDEM ZERO (0), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°

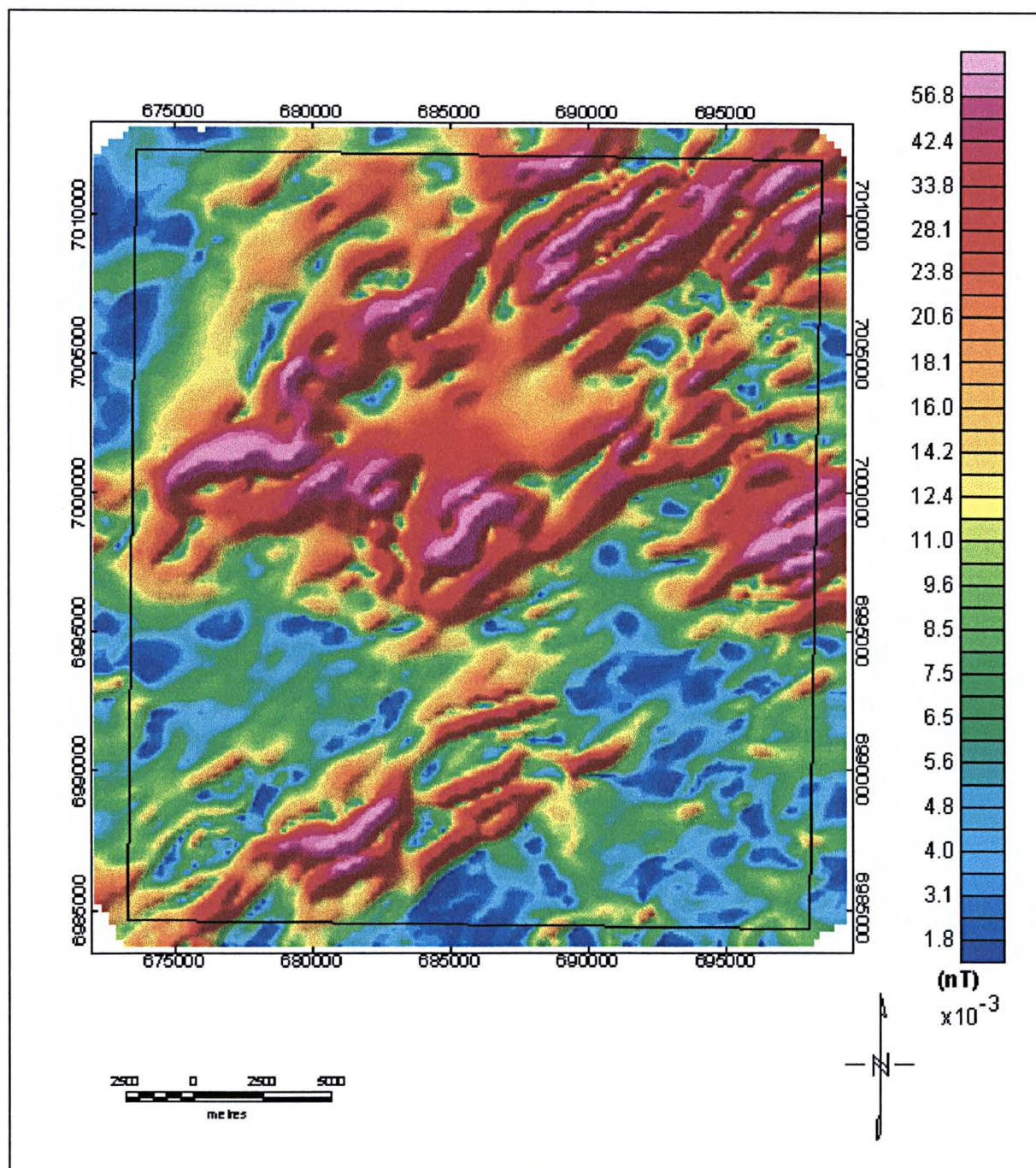


FIGURA 29 - MAPA DA PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO RESIDUAL, PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°

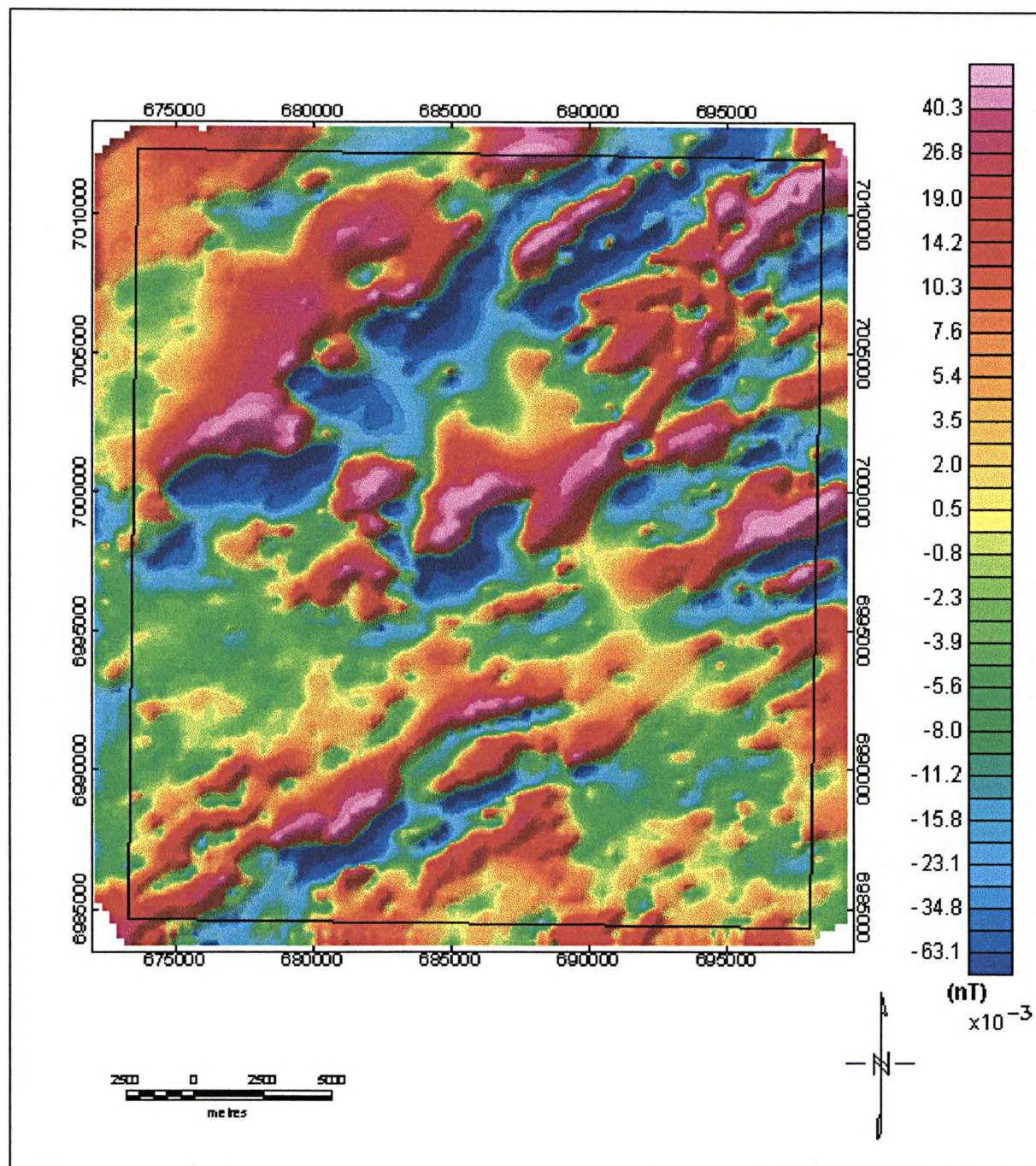


FIGURA 30 - MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM UM (1), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°

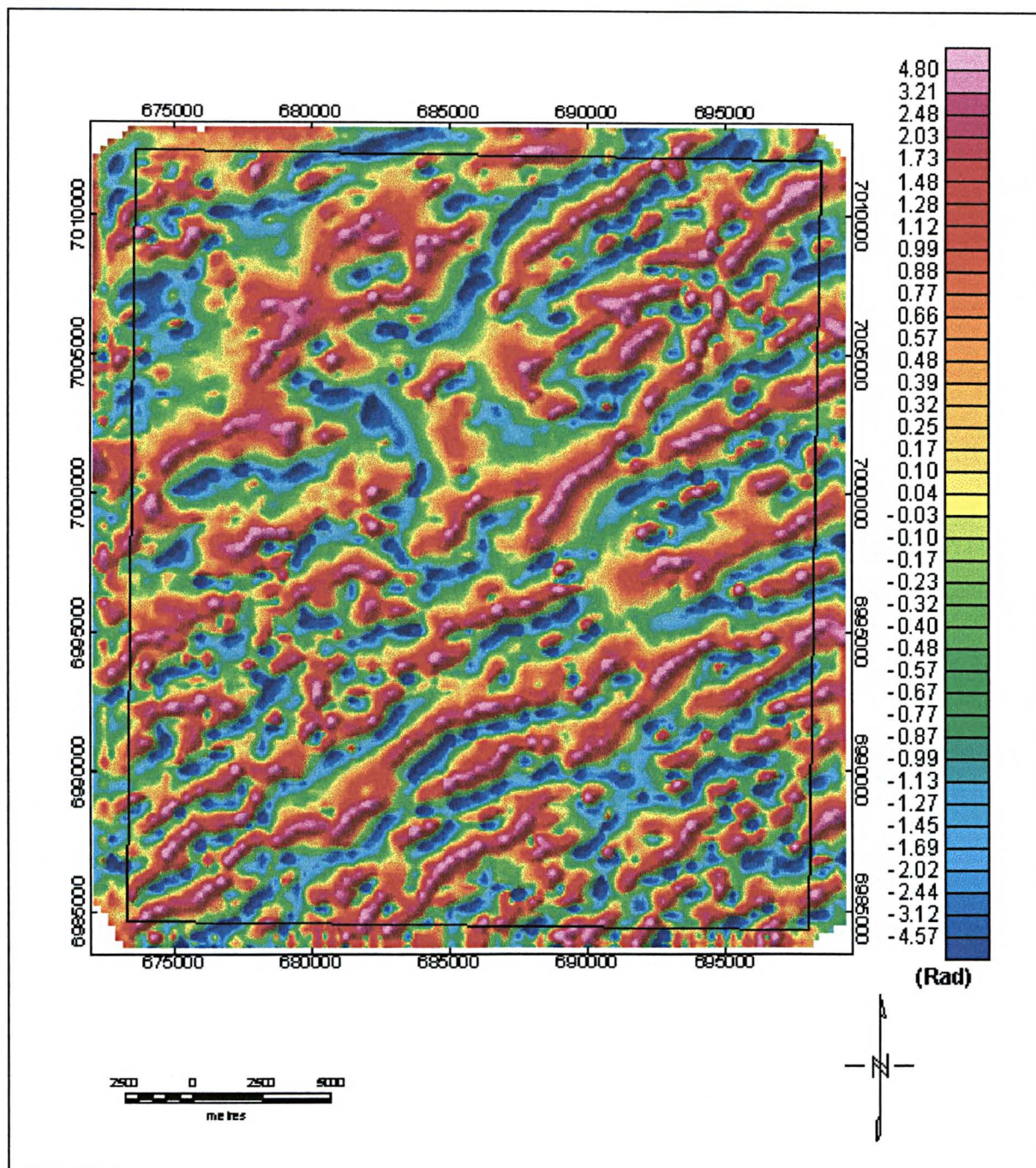


FIGURA 31- MAPA DO GRADIENTE HORIZONTAL DE ORDEM UM (1), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°

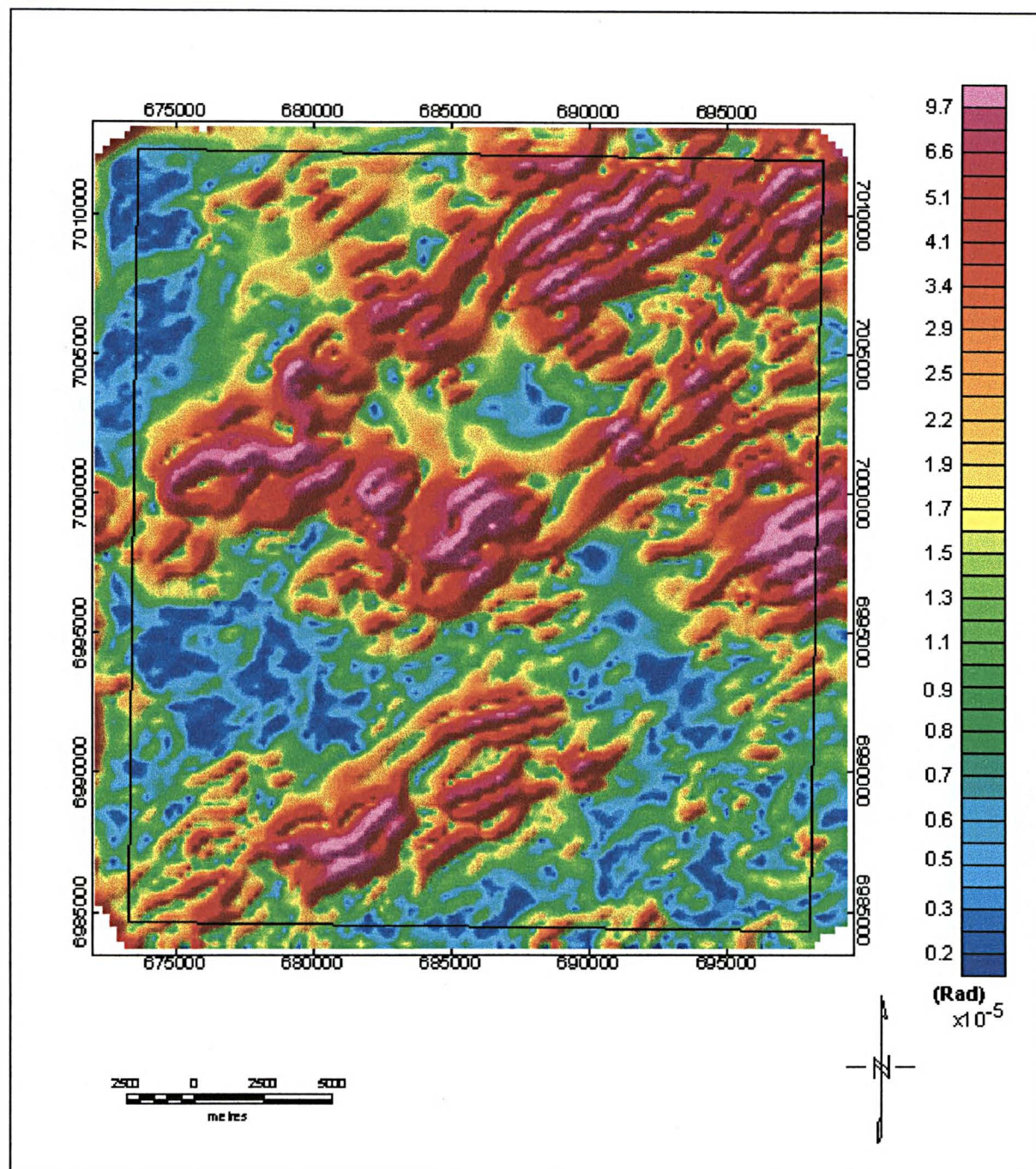
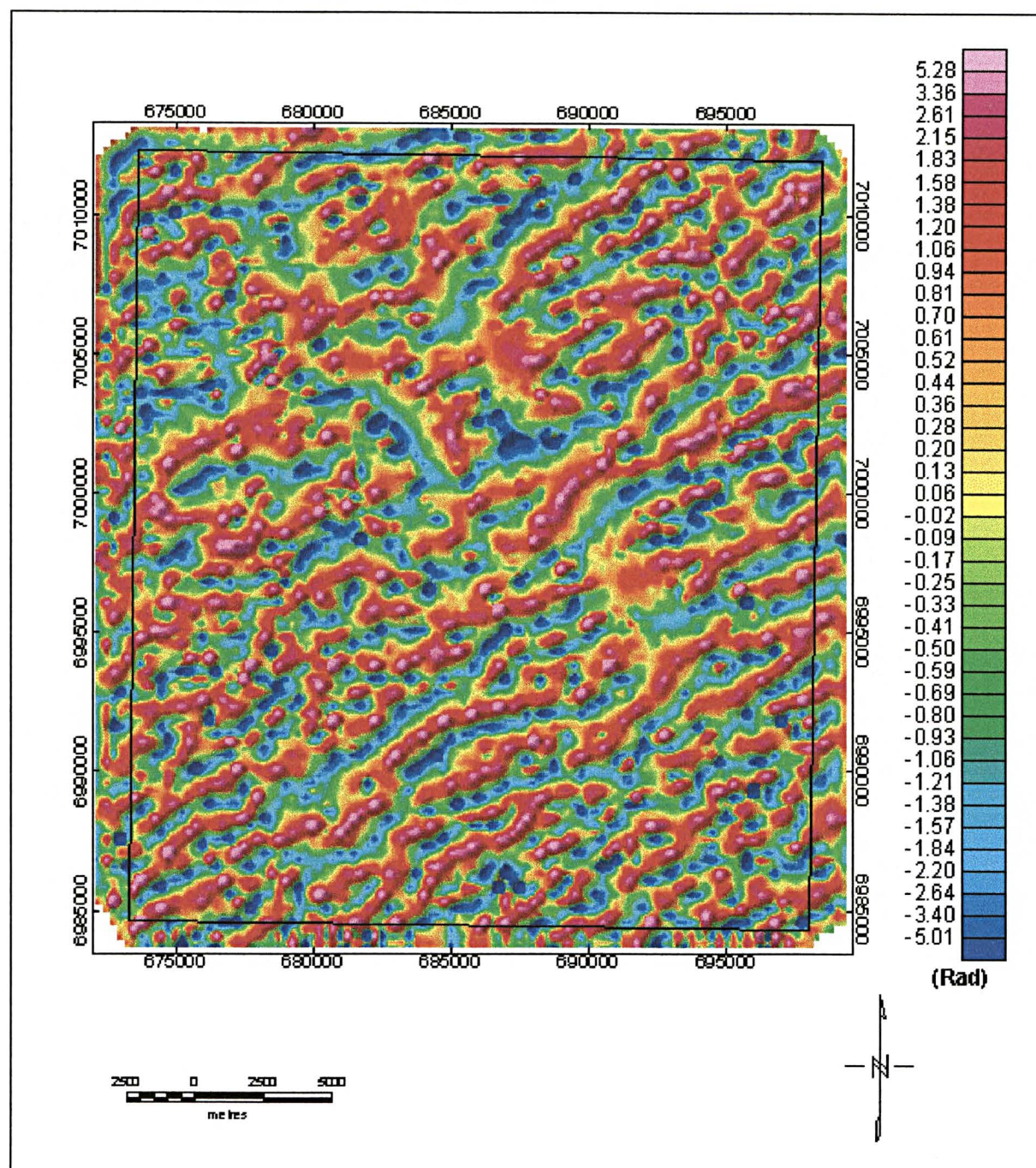


FIGURA 32 - MAPA DA FASE DO SINAL ANALÍTICO DE ORDEM DOIS (2), PSEUDOILUMINADO SEGUNDO A DIREÇÃO 315°



4.3.1.8 Interpretação Magnetométrica

Gunn *et al.* (1997) consideram que para a definição dos limites entre as fontes magnéticas é fundamental o conhecimento das diferentes formas de resposta anômala, devido a fontes geometricamente distintas, cujos limites ocorrem de modo geral, segundo três tipos:

- quando ocorre uma anomalia isolada, esta pode ser considerada como a resposta de uma fonte magnetizada uniformemente, e seu limite é marcado onde a borda da fonte for esperada;
- para anomalias estreitas, cujas espessuras das fontes são menores que as suas profundidades, as fontes podem ser representadas apenas por uma linha;
- a concentração de anomalias organizadas, semi-organizadas ou aleatoriamente distribuídas em área, pode ser devida à presença de assembléias de unidades magnéticas e não magnéticas, às unidades de rochas magnéticas falhadas e dobradas, à intemperização ou a fluxos vulcânicos.

Os limites entre tais assembléias são traçados de forma a compreender todas as anomalias que pareçam associadas pela forma e pela distribuição espacial. Na maioria das vezes, os limites de uma unidade magnética correspondem aos de uma unidade geológica.

As estruturas que afetam a morfologia das unidades magnetométricas, como falhas, podem ser evidenciadas por separações entre unidades magnéticas aparentemente similares; descontinuidade súbita entre as unidades; mudanças abruptas nas profundidades das fontes magnéticas; baixos magnéticos e estreitos causados por intemperismo ao longo de um plano de falha e altos magnéticos lineares, que podem ser descontínuos devido à precipitação de minerais magnéticos nos planos de falha. Já os dobramentos podem ser reconhecidos por padrões lineares de anomalias magnéticas e pela geometria das fontes magnéticas maiores.

4.3.1.8.1 Domínios Magnéticos

A interpretação em conjunto dos mapas do campo magnético micronivelado, residual, continuado para cima, reduzido ao pólo e de susceptibilidade magnética aparente da área de estudo possibilitou a delimitação de 8 domínios e 5 sub-domínios magnéticos (Figura 33), em função das frequências e dos relevos magnéticos presentes. Foram traçados eixos de mínimos e de máximos magnéticos, além de suas descontinuidades.

O domínio magnético 1, dividido em sub-domínios 1a e 1b, corresponde a Bacia de Itajaí, marcado pelos valores magnéticos mais altos da área, na faixa de 46nT. A disposição destes valores no sub-domínio 1b ocorre ao longo de um eixo de máximo magnético, enquanto no 1a apresenta-se mais suave.

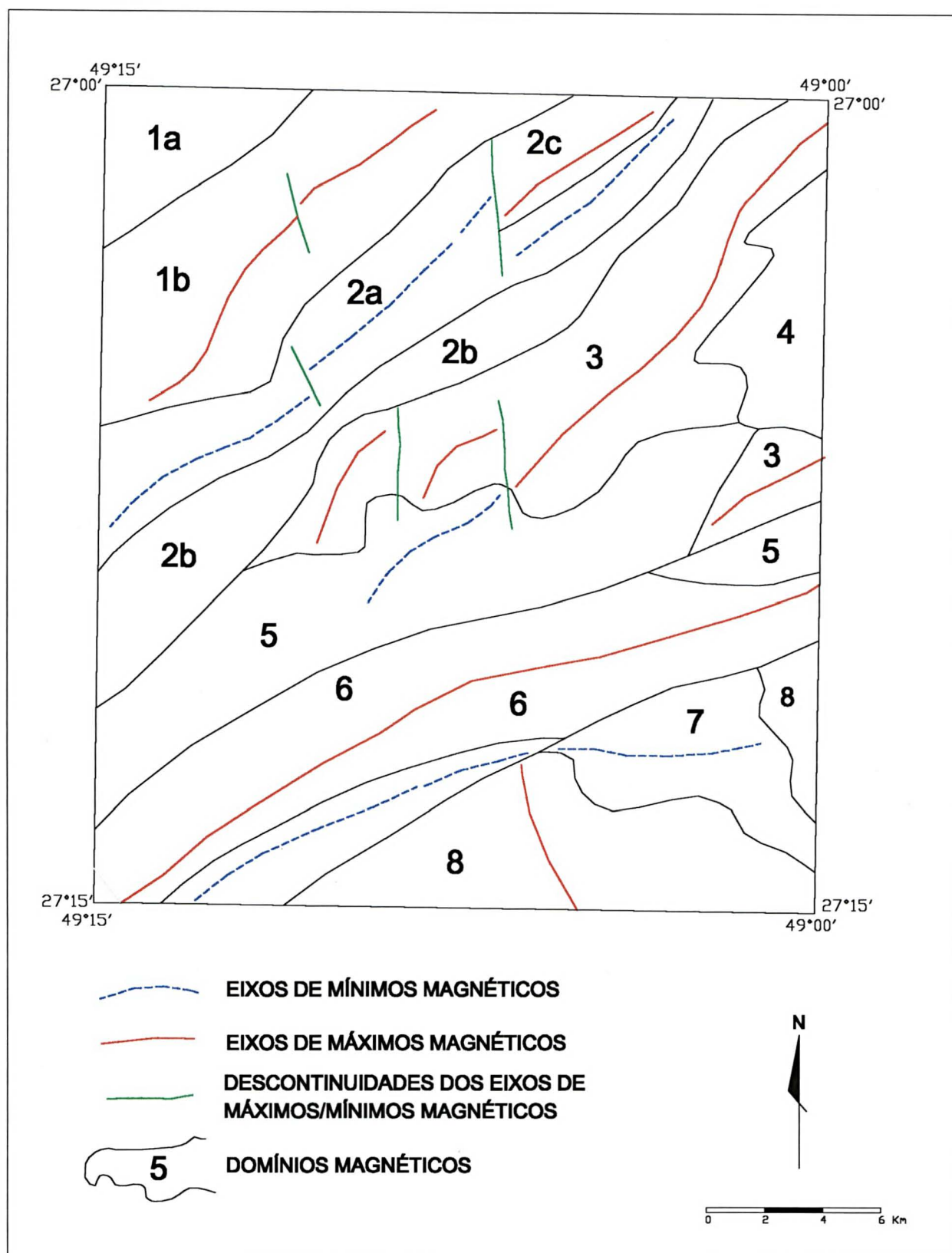
O domínio 2 é caracterizado por um baixo magnético, cuja amplitude é a mais baixa da área, alongado segundo a direção SW-NE, discriminado também pela continuação para cima e pela susceptibilidade magnética aparente, a qual apresenta os maiores valores da área, juntamente com o mapa de redução ao pólo. O limite entre tais domínios, definido na linha de gradiente entre as anomalias (altos e baixos), corresponde, grosso modo, a zona de Falha Perimbó, e coincide com a faixa onde afloram as rochas gnáissicas do embasamento da Bacia do Itajaí e do Complexo Brusque. Foram discriminados três sub-domínios, 2a, 2b e 2c; o primeiro definido por valores médios em torno de -65 nT e os outros dois com média de -25nT, sendo que o último apresenta uma pequena anomalia alongada segundo NE, marcada por um eixo de máximos magnéticos. O limite entre o sub-domínio 2a e 2b é coincidente com a zona de Falha Ribeirão da Prata, separando a unidade MAP à sul, da faixa de gnaisses a norte.

O domínio 3 é marcado por eixos de altos magnéticos de direção geral NE, segmentados por traços de direção N-NW. Um destes eixos, na porção noroeste da área, marca a borda do granitóide Valsungana.

O domínio 4, com média em torno de 7nT e relevo intermediário, corresponde ao granitóide Valsungana da porção noroeste da área.

O domínio 5, com relevo magnético suave na porção central da área e relevo mais acidentado no trato leste, é caracterizado por anomalias de pequeno comprimento de onda e amplitudes de 60nT.

FIGURA 33 - MAPA DE DOMÍNIOS MAGNÉTICOS



Contíguo ao último domínio, para sul, ocorre uma faixa contínua, domínio 6, orientada segundo N50E, caracterizada por um eixo de alto magnético com média em torno de 30nT, cuja correspondência geológica é dada com a unidade MPA1 do Complexo Brusque.

O domínio 7 apresenta-se segundo uma faixa estreita e alongada na porção sul da área e com relevo magnético marcado por um eixo de mínimo, cujos valores atingem -54nT e uma região com relevo magnético mais suave e valores médios em torno de -12nT.

Finalmente, o domínio 8, localizado na porção sudoeste da área, corresponde à unidade MPA2 do Complexo Brusque, juntamente com o segmento oeste do domínio 7 que o segmenta ao meio. Quanto ao relevo magnético, apresenta um eixo de máximos orientado segundo NNW-SSE e valores oscilando de 0 a 22 nT.

De maneira geral há uma correspondência destes domínios com as unidades geológicas do Complexo Brusque, Bacia de Itajaí e gnaisses, principalmente nas suas regiões de contato marcadas por grandes zonas de falha. Os granitóides, exceto a borda do Valsungana, não são detectados nos mapas magnéticos.

4.3.1.8.2 Lineamentos Magnéticos

Foram gerados dois mapas de lineamentos magnéticos, um de fontes profundas (Figura 34) e outro de fontes rasas (Figura 35). O primeiro a partir da interpretação do mapa magnético residual continuado para cima 1000 m, onde foi possível definir as grandes estruturas da área e a borda do granitóide Valsungana, assim como através do mapa de domínios discutido no item anterior.

Os lineamentos de fontes rasas foram obtidos através da interpretação dos mapas de fase do sinal analítico de ordens zero, 1 e 2, sinal analítico e do gradiente horizontal das mesmas ordens, além das primeira, segunda e terceira derivadas verticais. As fases do sinal analítico foram as mais importantes, sobretudo a de ordem 1, para a interpretação e extração de lineamentos, constatando-se um

FIGURA 34 - MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE FONTES PROFUNDAS

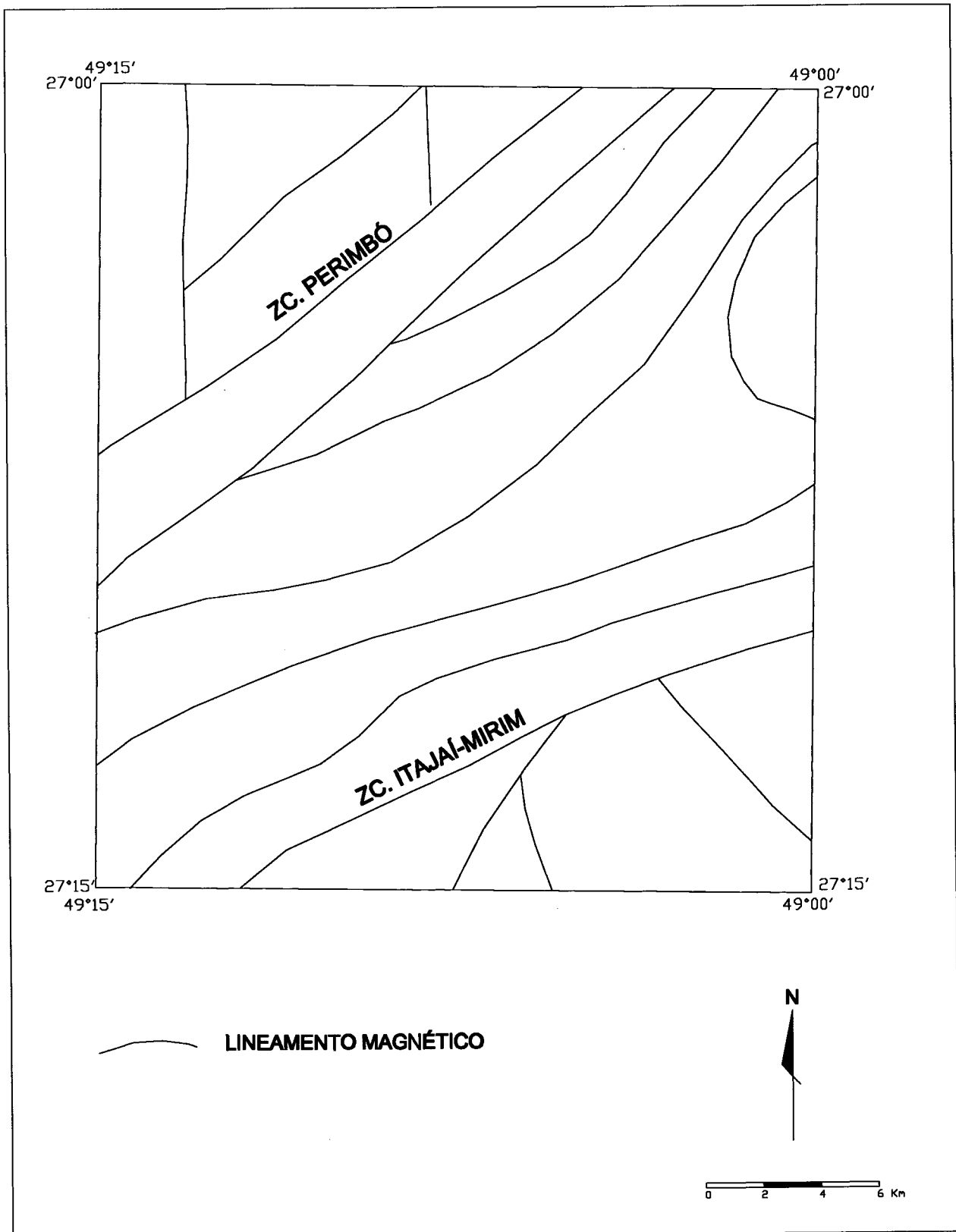
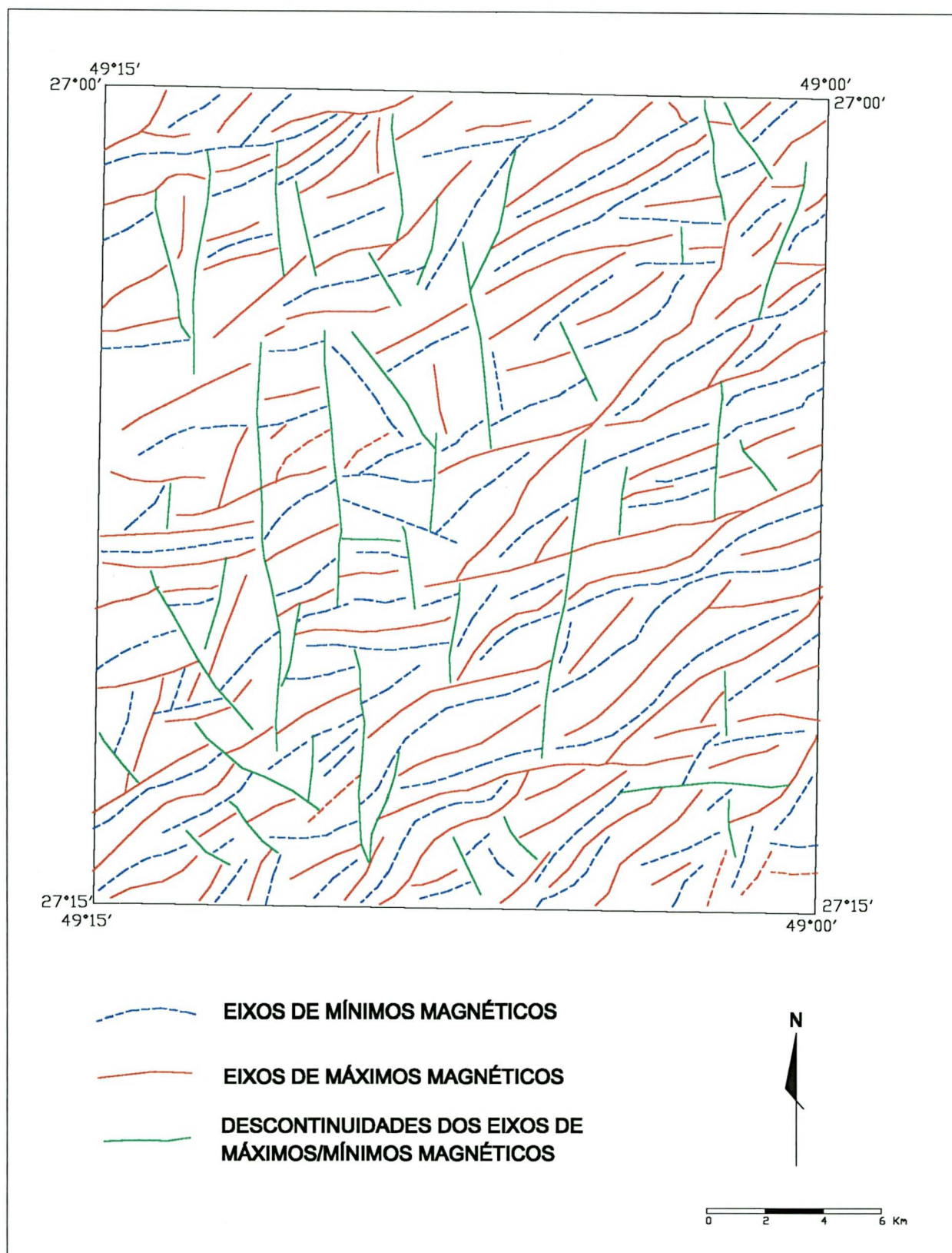


FIGURA 35 - MAPA DE LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE FONTES RASAS



equilíbrio entre as fontes rasas e os ruídos amplificados, os quais foram evidenciados nos mapas de terceira ordem, seja da fase do sinal analítico ou principalmente das derivadas. Estas últimas amplificaram muito os ruídos de alta frequência, prejudicando a extração das estruturas.

A metodologia de interpretação e o traçado das estruturas nos mapas de fase do sinal analítico é similar a uma fotointerpretação, onde os eixos de altos e baixos são considerados estruturas, além de suas descontinuidades e quebras. Apesar do nítido realce de feições lineares, a interpretação foi realizada com cautela, comparando as estruturas do mapa de fase com os demais mapas e com o mapa de linhas de vôo, para evitar alguma interpretação incoerente ao longo da direção das linhas do levantamento.

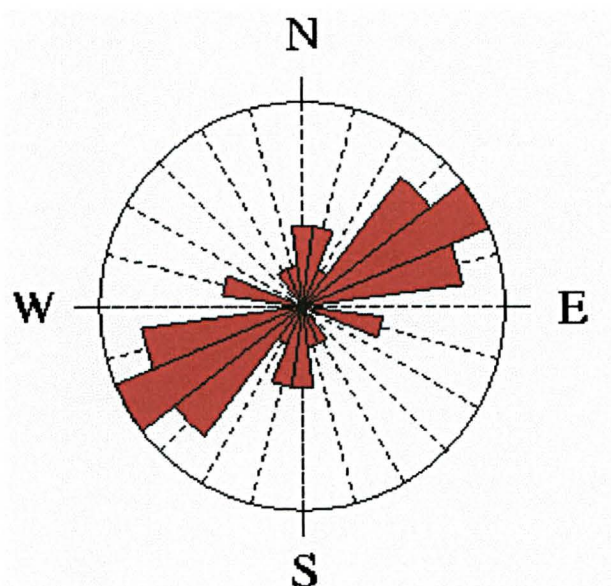
As estruturas magnéticas de fontes profundas mostraram-se coerentes com a estruturação regional, refletindo bem os lineamento Perimbó e Itajaí-Mirim, além de outras estruturas subordinadas (Figura 34). Os lineamentos magnéticos de fontes rasas evidenciaram a estruturação geológica principal da área, de direção nordeste, definidas, principalmente, pelos lineamentos de eixos de mínimos e de máximos magnéticos, conforme o mapa da Figura 35 e o diagrama de rosetas da Figura 36.

Os lineamentos magnéticos de fontes rasas mostraram uma maior frequência no quadrante NE, variando de $N37^{\circ}$ a $82^{\circ}E$, com predomínio da direção $N60^{\circ}E$. Também ressaltou a direção NS a $N15^{\circ}E$, além da $N75^{\circ}W$, com frequências similares (Figura 36).

A estruturação regional está associada às fases D1 e D2, mais dúcteis e, provavelmente, com magnetização mais intensa ao longo dos planos de cavalgamentos. As estruturas rúpteis são marcadas principalmente pelas descontinuidades nestes eixos magnéticos, provavelmente com menores magnetizações, durante os processos tectônicos das últimas fases de deformação regional, onde destacaram-se as direções NS, distribuídas em toda a área, e a NW, principalmente na porção sudoeste da área.

A morfoestrutura sigmoidal é menos evidente nos mapas magnéticos, apesar de sugestiva em algumas porções pela disposição dos eixos de mínimos e máximos magnéticos (Figura 35).

FIGURA 36 - DIAGRAMA DE ROSETA DOS LINEAMENTOS MAGNÉTICOS DE FONTES RASAS



256 Lineamentos
Graduação do diagrama = 15°

4.3.2 Aerogamaespectrometria

O processamento, a análise e a interpretação dos dados aerogamaespectrométricos foram norteados por conceitos e técnicas ainda pouco difundidos na área de prospecção mineral.

Concentraram-se esforços para uma abordagem mais detalhada quanto possível, no tratamento de tais dados, a fim de caracterizar o comportamento dos radioelementos e suas relações através de assinaturas gamaespectrométricas, para determinar guias e alvos exploratórios para ouro, conforme apresentado de forma esquemática no fluxograma da Figura 37.

Dentre os trabalhos mais importantes na literatura aplicados à prospecção de ouro, destacam-se, segundo Dickson & Scott (1997), as experiências de pesquisadores russos, os quais estudaram as relações entre os radionuclídeos nos diversos ambientes mineralizados, caracterizando, de maneira geral, seus comportamentos. Ao revisarem tais trabalhos, constataram que as assinaturas gamaespectrométricas de depósitos de ouro são muito variáveis, porém o potássio tem servido de guia para a localização indireta de concentrações auríferas. Apesar das mineralizações normalmente ocorrerem em veios de quartzo, as rochas encaixantes, hidrotermalizadas, podem ser detectadas através de halos potássicos. Outra revisão sobre tal assunto realizada por Hoover & Pierce (1990), indicou o potássio como importante constituinte de processos hidrotermais.

Os processos hidrotermais são marcados por grande interação entre fluido-rocha, com lixiviação de alguns elementos e concentração de outros em sistema físico-químico aberto com reações de troca (metassomatismo), que imprimem modificações mineralógicas, texturais e químicas nas rochas afetadas. Sistemas hidrotermais ocorrem em diversos ambientes geológicos e são responsáveis por uma vasta gama de tipos de depósitos minerais (Pirajno, 1992). Dentre os vários tipos de alteração hidrotermal, dois apresentam importantes concentrações de K, a potássica e a filica.

O urânio pode acompanhar o potássio nos processos hidrotermais, já o tório, geoquimicamente menos móvel, apresenta comportamento oposto, sendo até depletado. Este comportamento foi caracterizado por Ostrovsky (1975), como antagonismo entre Th e K.

Os teores dos radioelementos podem ser susceptíveis a efeitos ambientais, pedogenéticos e variações litológicas. Segundo Saunders *et al.* (1987), o tório, que apresenta menor mobilidade geoquímica, pode ser usado como controle litológico, para definir valores ideais de potássio e urânio de cada amostra, para posteriormente suprimir tais efeitos. Assim, propuseram uma normalização do potássio e do urânio pelo tório, aplicada à prospecção de petróleo, calculada da seguinte forma:

$$K_i = (\text{média de } K_s / \text{média de } Th_s) \times Th_s$$

$$K_d = (K_s - k_i) / K_i$$

$$U_i = (\text{média de } U_s / \text{média de } Th_s) \times Th_s$$

$$U_d = (U_s - U_i) / U_i$$

Onde:

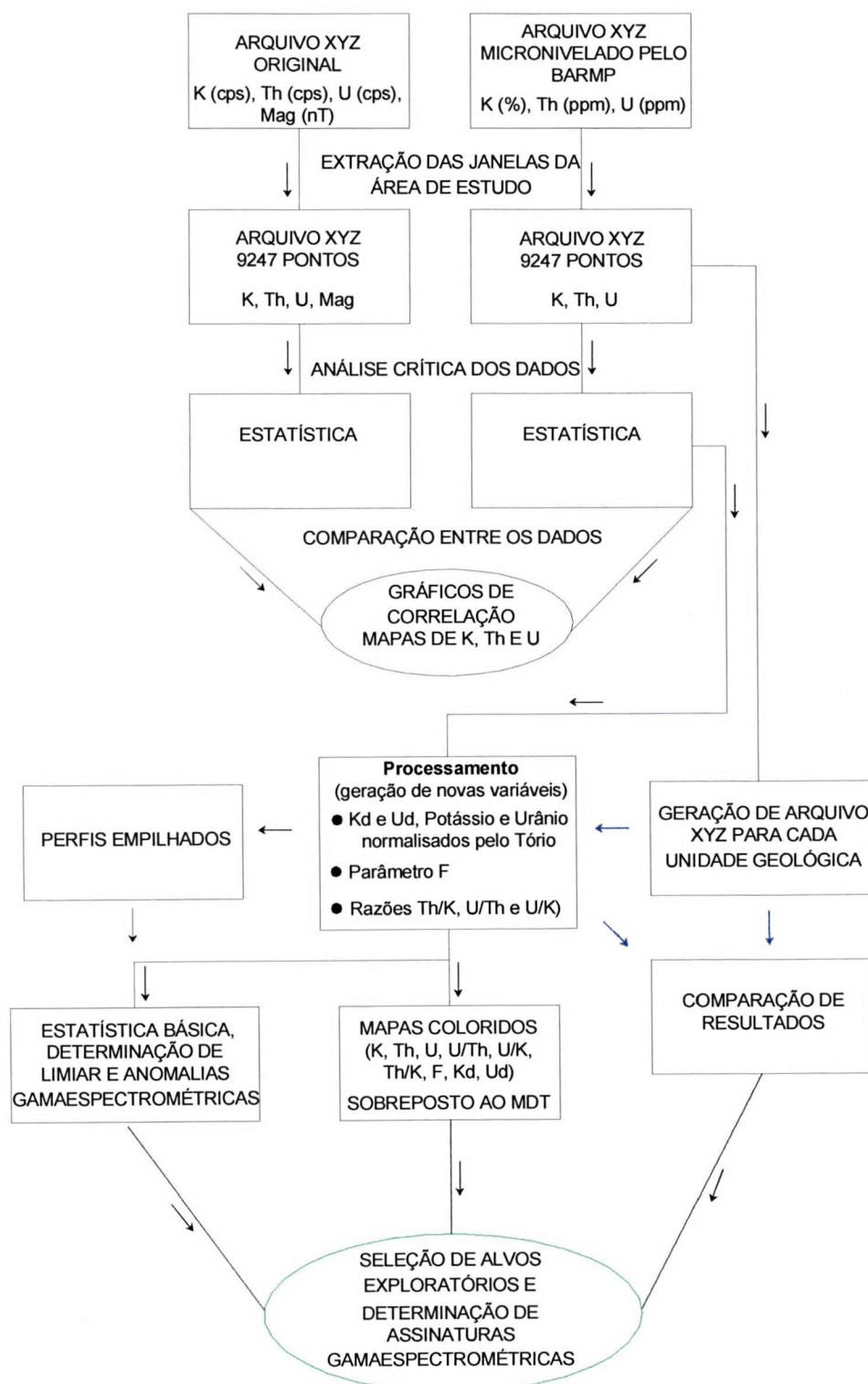
K_i e U_i , são os valores ideais definidos a partir do tório para cada ponto de observação;

K_d e U_d são os desvios dos valores ideais calculados para cada ponto.

Pires (1995) aplicou, pela primeira vez, esta metodologia na prospecção mineral, identificando com sucesso zonas de alteração hidrotermal em Crixás-Guarinos no estado de Goiás, através do K_d . Após esta experiência, novas aplicações foram bem sucedidas em outras regiões, como aquelas relatadas por Ferreira *et al.* (1998) ao estudarem a região de Peixoto de Azevedo-MT, Blum (1999) na região central do Brasil, Carvalho (1999) no *grenstone belt* de Pilar de Goiás e Guarinos, Quadros (2000) na Ilha Cristalina de Rivera e Cainzos (2001) para a região centro-oriental de Cuba.

Efimov (1978), *apud* Gnojek & Pricystal (1985), propôs uma série de relações entre os radioisótopos, destacando que a expressão $K \times U/Th$, denominada de parâmetro F, permite ressaltar o enriquecimento de potássio e urânio em relação ao tório, podendo indicar áreas associadas a mineralizações.

FIGURA 37 - FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DOS DADOS AEROGAMAESPECTROMÉTRICO



4.3.2.1 Análise crítica dos dados

Após a extração da janela de estudo dos arquivos de dados originais e dos processados por BARMP (1997), as variáveis de ambos foram comparadas através de estatística básica, apresentada em forma de tabelas, histogramas e gráficos de correlação, além de mapas coloridos e perfis.

Os valores de calibração utilizados pelo referido projeto, para todo o levantamento, foram verificados na janela de estudo, através do cálculo das razões entre os radioisótopos ponto-a-ponto. Observa-se que a média para a janela de estudo é muito próxima às razões utilizadas para todo o levantamento, conforme segue:

Razões de calibração calculadas para
todo o levantamento BARMP (1997)

$$\frac{\text{Th (cps)}}{\text{Th (ppm)}} = 1.78$$

$$\frac{\text{K (cps)}}{\text{K (%)}} = 25.88$$

$$\frac{\text{U (cps)}}{\text{U (ppm)}} = 10.07$$

Razões de calibração calculadas
para a janela de estudo

$$\times \left(\frac{\text{Th (cps)}}{\text{Th (ppm)}} \right) = 1.79$$

$$\times \left(\frac{\text{K (cps)}}{\text{K (%)}} \right) = 26.06$$

$$\times \left(\frac{\text{U (cps)}}{\text{U (ppm)}} \right) = 10.02$$

Os dados originais e pré-processados foram também comparados através de gráficos de correlação, nos quais se verificaram os seguintes valores: Th(cps) x Th (ppm) = 0,638, K (cps) x K (ppm) = 0,534 e U (cps) x U (ppm) = 0,621 (Figura 38). Tais valores são justificados e esperados em função das transformações que foram realizadas, incluindo filtragens e micronivelamento.

A comparação, quando realizada através de perfis, mostra que há uma correlação qualitativa entre os dados originais e os do BARMP (1997), notando-se nestes últimos uma nítida supressão de ruídos de alta frequência (Figura 39).

Outro parâmetro estatístico utilizado na comparação foi o coeficiente de variação (CV), calculado pela razão entre o desvio padrão e a média. Segundo Isaaks & Srivastava (1989), uma distribuição estatística que apresente um CV de até 1, permite que os dados originais sejam considerados, mesmo que a distribuição

apresente uma assimetria. Quando este coeficiente mostra valores superiores a um, pode ser indicio da presença de *outliers* associados a dados erráticos, os quais podem prejudicar a estimativa final, ou de fortes anomalias significativas.

FIGURA 38 - PERFIL DOS DADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS ORIGINAIS E TRANSFORMADOS DO LEVANTAMENTO SERRA DO MAR SUL

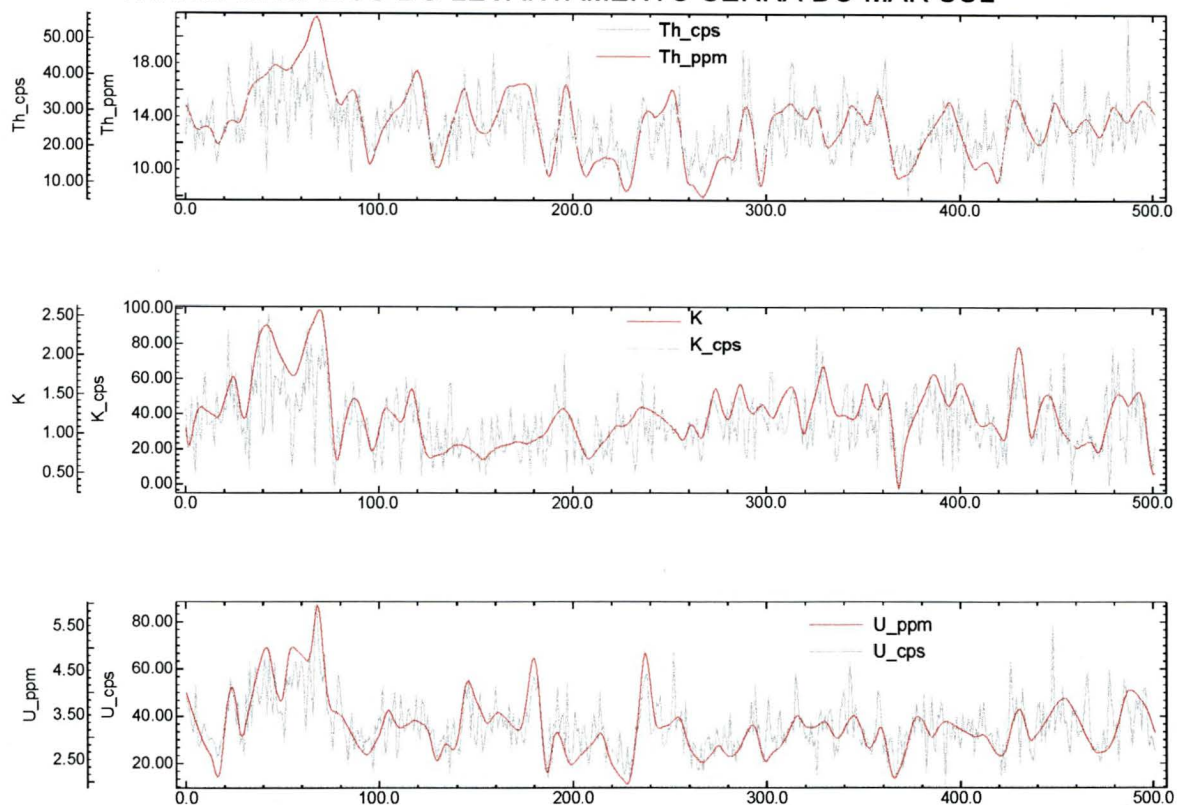


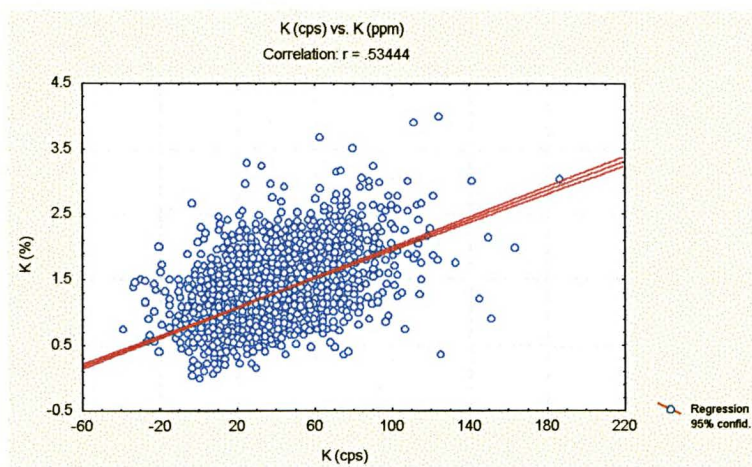
TABELA 02 - COMPARAÇÃO DA ESTATÍSTICA BÁSICA ENTRE AS VARIÁVEIS ORIGINAIS E AS RESULTANTES DO PROCESSAMENTO DE BARMP (1997)

Estadística Variáveis	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio padrão	CV(coeficiente de variação)
K (cps)	-39,00	186,00	30,84	19,21	0,62
K (%)	0,02	3,99	1,20	0,39	0,33
Th (cps)	0,00	103,00	23,43	9,58	0,41
Th (ppm)	3,04	56,08	13,16	3,64	0,28
U (cps)	-6,00	120,00	33,51	13,56	0,40
U (ppm)	0,92	9,13	3,33	0,85	0,25

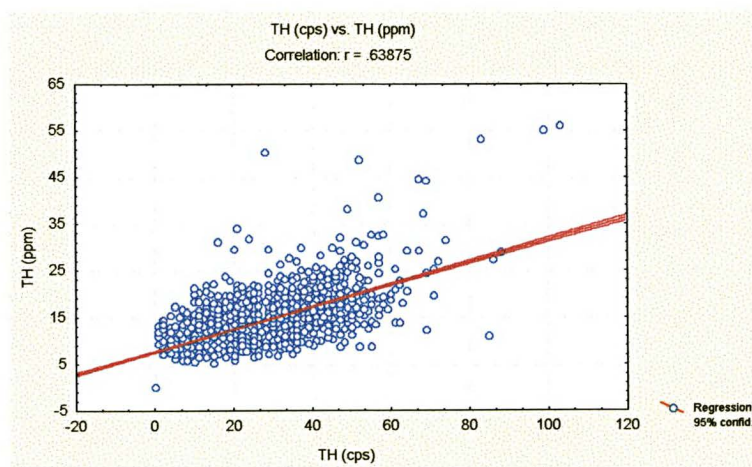
Nota-se na Tabela 02, acima, que os coeficientes de variação dos dados pré-processados são inferiores a 1 para todas as variáveis e aproximadamente a metade dos valores dos dados originais, ou seja, a relação entre o desvio padrão e a

média diminuiu e as distribuições normais tornaram-se mais simétricas, conforme pode-se observar nos histogramas da Figura 40.

FIGURA 39 - GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS K (ppm e %); Th (ppm e cps) e U (ppm e cps)
a)



b)



c)

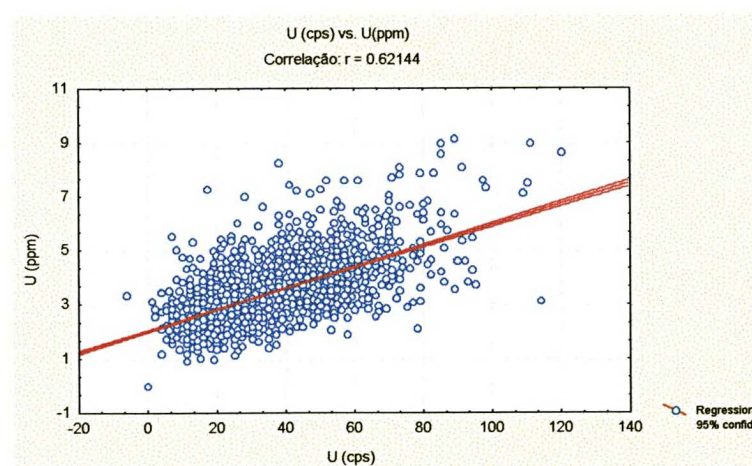
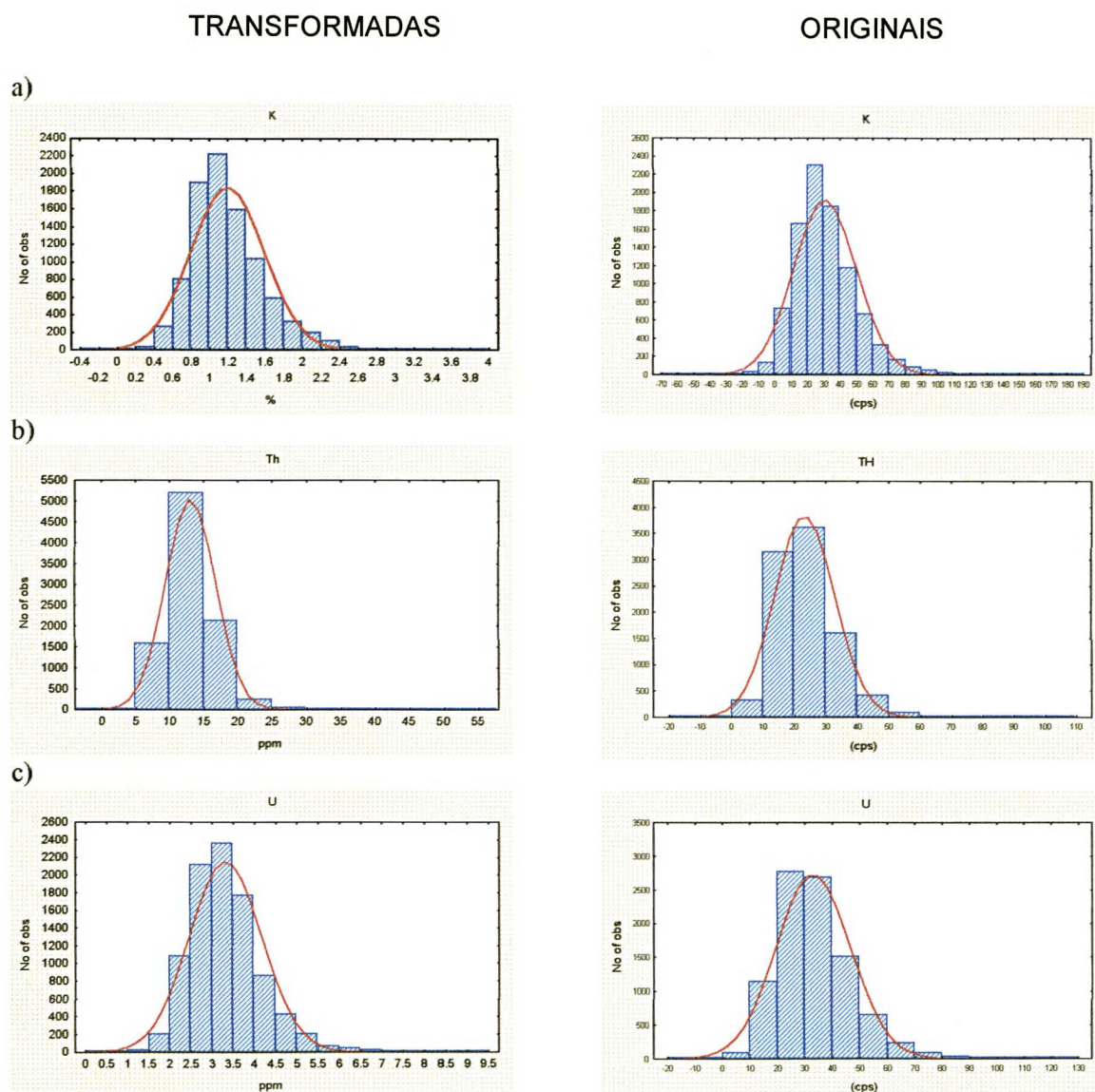


FIGURA 40 - HISTOGRAMAS DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS ORIGINAIS (CPRM, 1978) E TRANSFORMADAS (BARMP, 1997)

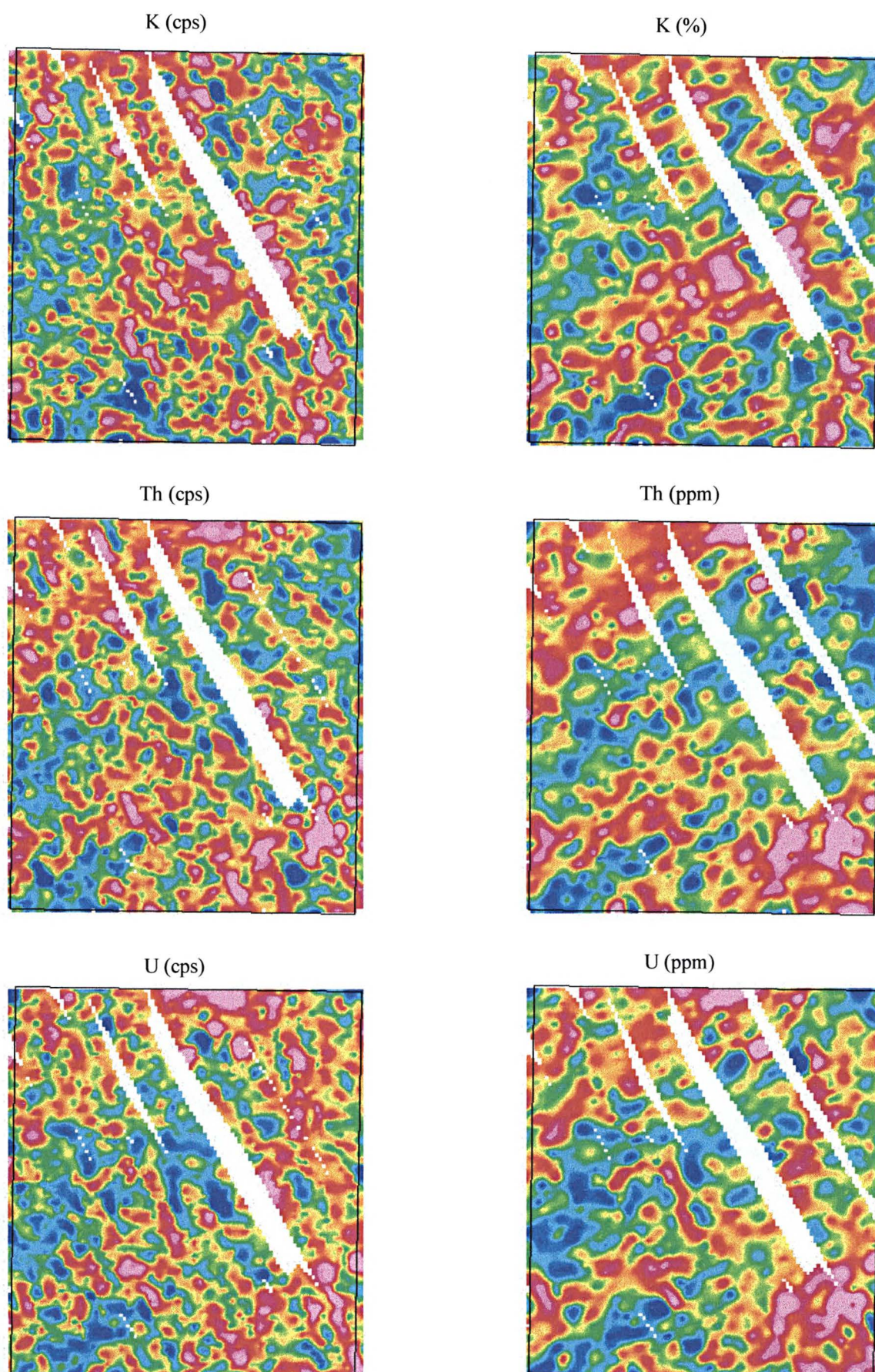


a) K(ppm) e K(%); b) Th(ppm) e Th(cps); c) U(cps) e U(ppm).

As diferenças podem ser observadas em mapas coloridos, os quais foram gerados para cada variável através da mínima curvatura, com células de 250x250 m (Figura 41). Nestes mapas é possível observar que o efeito dos artefatos ao longo das linhas de voo foi em grande parte minimizado pelo pré-processamento.

Apesar de restar um pouco de ruído, optou-se por não submeter os dados a um novo micronivelamento, considerando-os satisfatórios para os processamentos e análises seguintes.

FIGURA 41 - MAPAS COLORIDOS DE K(cps e %), Th(cps e ppm) e U(cps e ppm)



4.3.2.2 Processamento gamaespectrométrico

O tratamento gamaespectrométrico consistiu na geração de novas variáveis, através das razões Th/K, U/K e U/Th, parâmetro F ($K * U/Th$) e das normalizações do potássio e do urânio pelo tório. Estas foram calculadas com base no banco de dados XYZ, apesar da possibilidade de gerá-las também através das malhas regulares (*grids*). Esta última não foi efetuada devido à suavização inerente ao processo de interpolação.

A primeira análise destas variáveis foi a estatística básica, efetuada no programa *Statistics*, onde foram verificados os comportamentos das distribuições amostrais, suas médias (\bar{x}), desvios padrão (s), valores mínimos e máximos, medianas e anomalias, estas últimas definidas pela média (\bar{x}) mais um, dois e três desvios padrão, além do coeficiente de variação ($CV = s/\bar{x}$), como pode-se observar na (Tabela 03).

TABELA 03 – ESTATÍSTICA BÁSICA DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS PARA TODA A ÁREA DE ESTUDO.

	Amostras	Média X	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Mediana	X+1s	X+2s	X+3s	CV
K(%)	9187	1,20	0,39	0,02	3,99	1,14	1,59	1,98	2,37	0,33
Th(ppm)	9249	13,16	3,65	3,04	56,08	12,76	16,81	20,46	24,11	0,28
U(ppm)	9250	3,33	0,85	0,92	9,13	3,24	4,18	5,03	5,88	0,26
Th/K	9184	11,99	8,27	2,85	621,5	10,93	20,26	28,53	36,8	0,69
U/K	9185	3,02	1,94	0,93	174	2,76	4,96	6,9	8,84	0,64
U/th	9247	0,259	0,05	0,12	0,93	0,25	0,309	0,359	0,409	0,19
F	9182	0,31	0,13	0,004	1.494	0,287	0,44	0,57	0,7	0,42
Kd	9184	0,039	0,35	-0,98	2,85	0,0049	0,389	0,739	1,089	8,97
Ud	9247	0,024	0,21	-0,51	2,69	-0,01	0,234	0,444	0,654	8,75

Os resultados estatísticos demonstraram que as distribuições são próximas a normal, ou pouco assimétricas, com exceção de Kd e Ud, os quais revelaram desvios padrão muito superiores a média e CV extremamente elevados. Quando isto ocorre, duas possibilidades podem ser levantadas: uma que indicaria a presença de valores espúrios chamados de *outliers* nos conjuntos de dados e a outra de que as unidades geológicas sejam muito distintas umas das outras. Neste caso, verificou-se que nenhuma delas predomina e sim uma combinação entre ambas. Como estas

variáveis são de extrema importância prospectiva, e dependentes das médias de K, Th e U, optou-se por uma normalização realizada por unidade geológica, como é comum no tratamento de dados geoquímicos, por considerar que além de minimizar tal problema, pode constituir parâmetro de comparação e integração geofísico-geológica.

Neste intuito, o arquivo (xyz) contendo as variáveis K, Th e U, foi inserido no programa *ArcView 3.0a*, onde cada amostra foi transformada em um ponto através de suas coordenadas UTM, associadas a seus respectivos registros gamaespectrométricos contidos em uma tabela (dbf), constituindo o tema gamaespectrometria. Com as ferramentas de relacionamento, as amostras contidas no interior de cada unidade geológica - tema geologia (Figura 42), gerado a partir do mapa geológico de Caldasso *et al.* (1995), digitalizado e convertido em polígonos, foram selecionadas e separadas em novos arquivos. Nestes arquivos, exportados em formato de tabela (dbf) para o programa *Excel*, foram calculadas novamente as variáveis Kd e Ud, e em seguida transferidos para o programa *Statistics* onde foram efetuados os cálculos estatísticos básicos destas e de todas as demais variáveis, conforme as Tabelas 04 e 05. Finalmente, as médias das variáveis de cada unidade geológica são apresentadas nas Figuras 43, 44, 45 e 46, demonstrando as diferenças entre elas. Nota-se que a média do parâmetro F é muito maior nos granitóides, visto que estes apresentam baixos valores de Th e relativamente altos de U, em comparação às demais unidades.

TABELA 04 - MÉDIAS DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA ESTUDADA

	COMPLEXO BRUSQUE			OUTRAS UNIDADES		
	MPA2	MAP	MPA1	B. ITAJAÍ	EMBASAMENTO	GRANITOS
K	1,17	1,12	1,23	1,176	1,08	1,4
Th	15,58	11,14	12,96	14,71	12,19	11,575
U	3,81	2,88	3,190	3,538	3,147	3,284
Th/K	14,36	10,5	11,64	13,48	11,72	9,64
U/K	3,50	2,70	2,86	3,23	3,02	2,76
U/th	0,249	0,26	0,25	0,24	0,26	0,304
F	0,293	0,293	0,309	0,287	0,28	0,43
Kd	0,173	0,116	0,237	0,18	0,08	0,045
Ud	2,811	1,876	2,190	2,537	2,14	0,077

TABELA 05 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV) DE K, Th, U, PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA ESTUDADA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS

	TOTAL	COMPLEXO BRUSQUE			OUTRS UNIDADES		
		MPA2	MAP	MPA1	B. ITAJAÍ	EMBASAMENTO	GRANITOS
K	0,33	0,32	0,29	0,35	0,32	0,24	0,33
Th	0,28	0,31	0,21	0,22	0,20	0,29	0,25
U	0,26	0,27	0,24	0,22	0,22	0,31	0,20
Th/K	0,69	0,42	0,28	0,55	0,33	0,37	2,07
U/K	0,64	0,38	0,30	0,52	0,33	0,38	1,71
U/th	0,19	0,18	0,19	0,16	0,16	0,20	0,26
F	0,42	0,38	0,38	0,39	0,39	0,31	0,43
Kd	8,97	2,18	2,80	1,81	2,12	3,13	7,88
Ud	8,75	0,37	0,37	0,33	0,31	0,46	3,64

FIGURA 42 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO INDICANDO AS UNIDADES AVALIADAS PELA GAMAESPECTROMETRIA E A POSIÇÃO DOS PERFIS EMPILHADOS

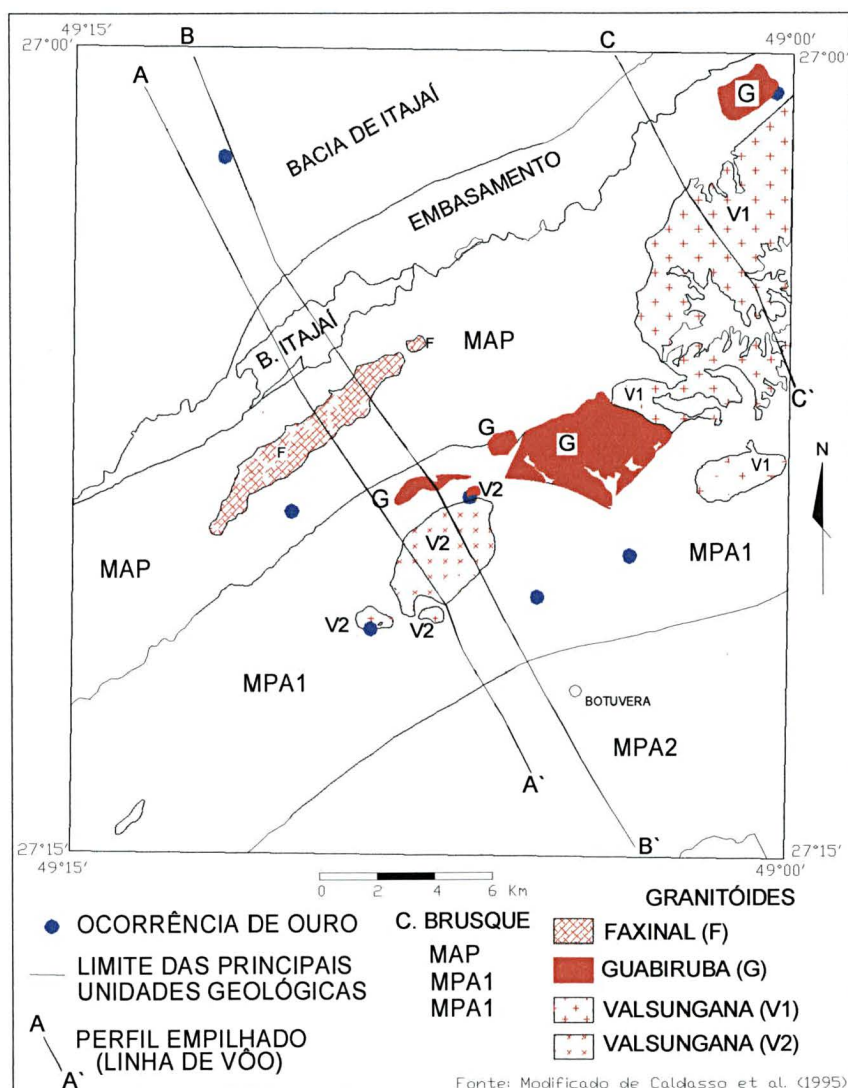


FIGURA 43 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DE POTÁSSIO (%) CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA

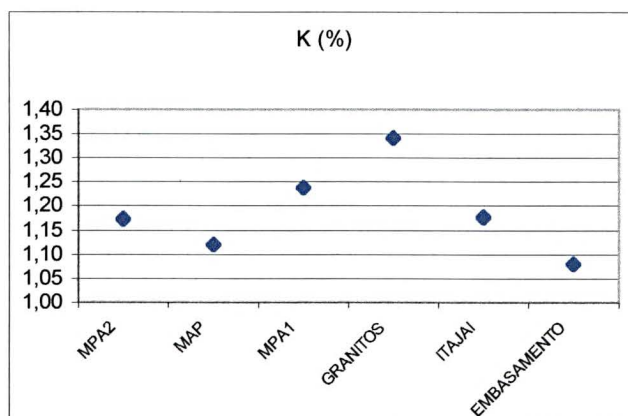


FIGURA 44 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DE TÓRIO (ppm) CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA

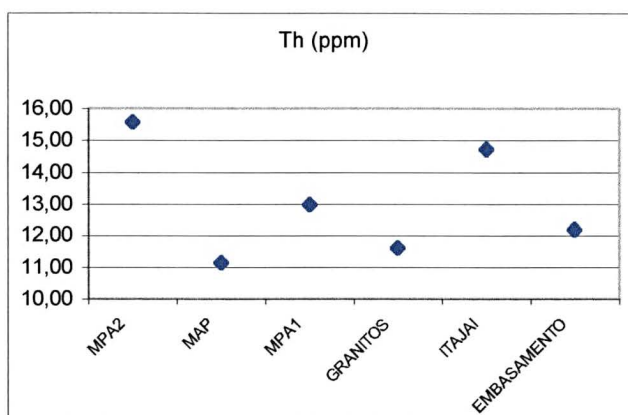


FIGURA 45 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DE URÂNIO (ppm) CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA

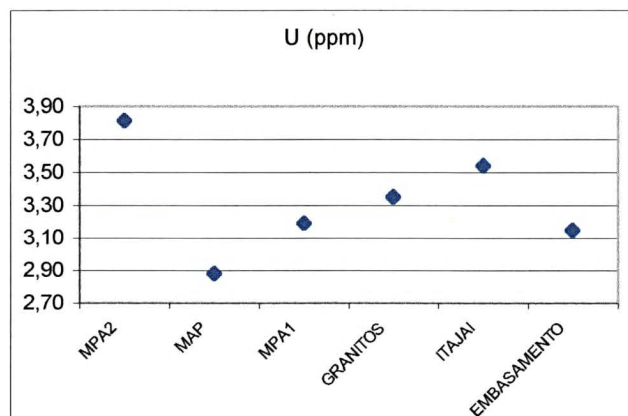


FIGURA 46 - GRÁFICO DAS MÉDIAS DO PARÂMETRO F CALCULADAS PARA CADA UNIDADE GEOLÓGICA

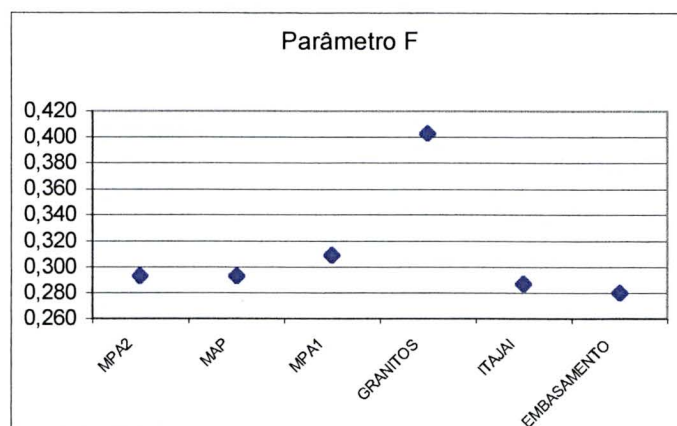


TABELA 06 - ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS DE CADA UNIDADE GEOLÓGICA

VARIÁVEL	MÉDIA DAS MÉDIAS	MENOR MÉDIA	MAIOR MÉDIA	VARIANÇA	S	CV
K	1,21	1,08	1,34	0,01	0,10	0,08
Th	12,93	11,14	15,58	2,67	1,63	0,13
U	3,32	2,88	3,81	0,09	0,30	0,09
U/Th	0,27	0,25	0,30	0,00	0,02	0,07
Th/K	11,37	9,83	14,37	2,76	1,66	0,15
U/K	2,98	2,70	3,50	0,10	0,32	0,11
F	0,29	0,15	0,40	0,01	0,08	0,26
Kd	0,21	0,08	0,34	0,01	0,10	0,50
Ud	2,28	1,88	2,81	0,10	0,31	0,14

Também foram calculadas as estatísticas básicas (média, desvio padrão e CV, etc.) das médias das variáveis (Tabela 06) de cada unidade geológica, a fim de verificar suas variações, refletindo assim, os contrastes entre as unidades estudadas. Deste modo, pode-se constatar que as variações definidas pelo CV, para as médias de K, Th e U, são próximas, porém com leve superioridade do tório, que melhor discriminou as unidades, com a menor média de 11,14 ppm correspondente à unidade MAP e a maior média de 15,58 ppm correspondente à unidade MPA2, ambas pertencentes ao Complexo Brusque. Quanto as razões, os CV's também apresentaram-se baixos, ao contrário de Kd e F, os quais pelos altos coeficientes mostram maior variação entre as unidades, apesar de Kd apresentar em sua estatística um desvio padrão muito alto, tanto quando calculado para toda a área

quanto para cada unidade geológica individualmente. Cabe ressaltar que este tipo de análise, por envolver tratamentos estatísticos, requer cuidados na manipulação dos dados, exigindo conhecimento das variáveis e do seu comportamento na área, tendo em vista que trata-se de um primeiro estudo com este grau de detalhe.

Ainda quanto a análise dos coeficientes de variação como fator de comparação, tanto da variabilidade quanto da diferenciação entre as unidades geológicas, foram comparados os CVs de cada unidade geológica com os CVs calculados para toda a área (Tabela 05).

Ao analisar o coeficiente de variação CV, calculado para Kd, Ud e F, seja resultante da estatística de toda a área de estudo, seja para cada unidade geológica, constatou-se que esta regionalização foi eficiente para Ud e F, que em todos os casos foi reduzido. Quanto ao Kd, os valores de CV maiores que um indicaram que após a regionalização ainda permaneceu uma forte variabilidade nos dados apesar deste parâmetro ter baixado de 8,97 para valores em torno de 2. Duas hipóteses podem ser consideradas para tal resultado, que deve-se a elevados desvios padrão de Kd, com valores muito acima da média, afastando-se da distribuição normal. A primeira significaria valores espúrios e a segunda refletiria valores de fortes anomalias.

Com o objetivo de incrementar e testar esta metodologia de discriminação gamaespectrométrica, ainda com mais detalhe, os granitóides foram agrupados em quatro conjuntos de acordo com a Figura 42: Guabiruba (G1); Valsungana (V1 e V2) e Faxinal (F1). Suas respostas gamaespectrométricas (Tabela 07) mostram, através das médias de K, Th e U, as diferenças entre os grupos. Os quatro grupos foram comparados entre si e com a estatística que considerou todos eles. Verificou-se que o granitóide Faxinal apresentou a menor média de K (1,07 %) e U (3,25 ppm), enquanto para o Th o resultado foi próximo ao dos demais. Este resultado de K baixo com relação aos demais granitóides em questão, não é compatível com os resultados das sete análises geoquímicas de K₂O, apresentadas por Caldasso *et al* (1995) e Castro (1997), cuja média é de 6,16 %, se consideradas como representativas da totalidade do corpo. A média dos teores destas amostras transformadas em K é igual a 2,6 % e representa apenas a porção amostrada, pois nesta região há uma correlação com teores aerogamaespectrométricos, diferenciando-se do restante do corpo.

Finalmente os grupos foram analisados através de gráficos de correlação entre as variáveis (Figuras 47 a 53), uma vez que as amostras já estavam separadas. Tais gráficos permitiram visualizar as relações entre as variáveis (duas a duas), nos agrupamentos dos granitóides estudados.

O gráfico da Figura 47 mostra baixos teores de K no granitóide Faxinal e altos teores em uma porção distinta do Guabiruba, enquanto o Valsungana 1 e 2 apresentam teores difusos tanto de K quanto de Th.

No gráfico da Figura 48, a porção enriquecida em potássio no granitóide Guabiruba foi evidenciada também por elevadas concentrações de urânio em alguns pontos. De uma maneira geral, os demais granitóides apresentam teores difusos de K e U.

O parâmetro F, relacionado nos gráficos das Figuras 49, 50 e 51, evidencia baixos valores para o granitóide Faxinal, sendo este também caracterizado por altas razões Th/K (Figura 49). Os demais granitóides apresentam uma grande variação, desde baixos até altos valores, com destaque ao Valsungana 1 que apresenta as maiores anomalias da área. Este granitóide também encerra os maiores valores em potássio anômalo (Kd), seja calculado individualmente para este granitóide (Figura 50), seja calculado para toda a área de estudo (Figura 51), e urânio anômalo (Ud) (Figura 52), sugerindo uma zona com diferenciação magmática, possivelmente associada a alteração hidrotermal.

A distinção do granitóide Faxinal ficou mais evidente pelo potássio anômalo (Kd), calculado individualmente para cada conjunto (Figura 50), através de suas médias de K e Th, do que quando calculado de uma só vez para toda a área de estudo (Figura 51) através da média geral de K e Th. Isto ocorre devido a sensibilidade do Kd e também do Ud às médias de K, Th e U, as quais são distintas em cada unidade geológica.

Esta metodologia tem relevância não somente para a discriminação de corpos e unidades geológicas distintas, mas também para prospecção mineral, uma vez que permite analisar o comportamento das variáveis em conjunto, para cada unidade considerada, e os pontos anômalos podem ser facilmente visualizados e posteriormente identificados em mapas, conforme será apresentado no item 4.3.2.2.2.

FIGURA 47 – CORRELAÇÃO ENTRE Th(ppm) E K(%) PARA OS GRANITÓIDES

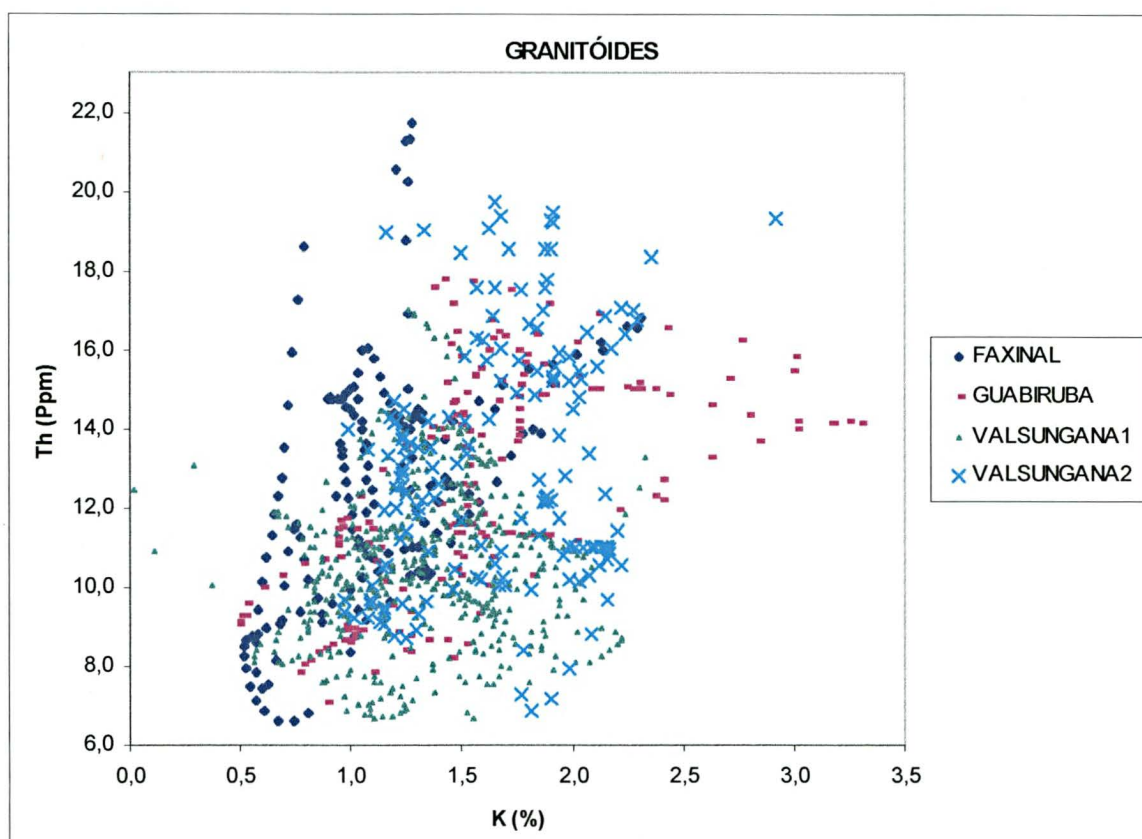


TABELA 07 - MÉDIAS DAS VARIÁVEIS GAMAESPETROMÉTRICAS CALCULADAS PARA CADA GRANITÓIDE

	TOTAL	FAXINAL	GUABIRUBA	VALSUNGANA 1	VALSUNGANA2
K	1,38	1,07	1,50	1,32	1,66
Th	12,57	12,53	12,17	10,33	12,73
U	3,48	3,25	3,44	3,36	3,52
Th/K	9,71	11,99	8,72	9,95	8,13
U/Th	0,30	0,25	0,28	0,33	0,27
U/K	2,73	3,02	2,40	3,00	2,17
Kd	0,55	0,06	0,01	0,03	0,07
Ud	0,70	-0,01	0,008	0,03	0,07
F	0,42	0,03	0,44	0,45	0,45

FIGURA 48 – CORRELAÇÃO ENTRE K (%) E U (ppm) PARA OS GRANITÓIDES

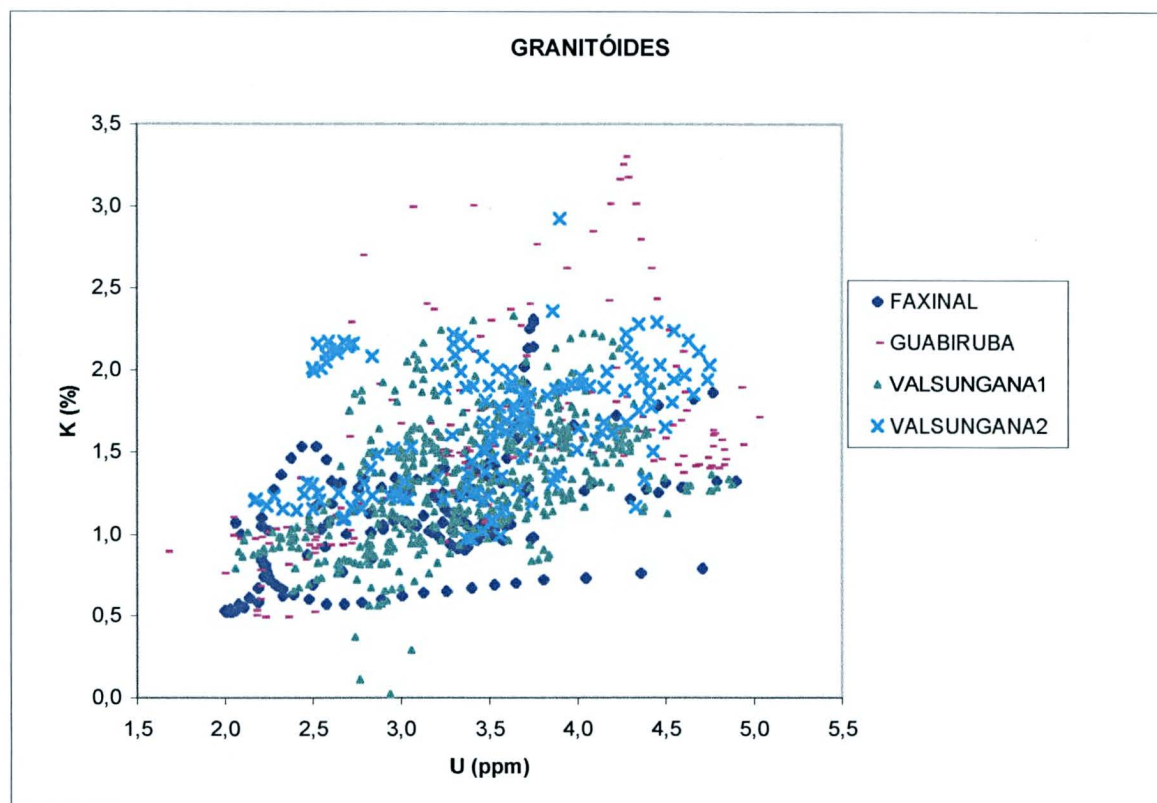


FIGURA 49 – CORRELAÇÃO ENTRE A RAZÃO Th/K e O PARÂMETRO F PARA OS GRANITÓIDES

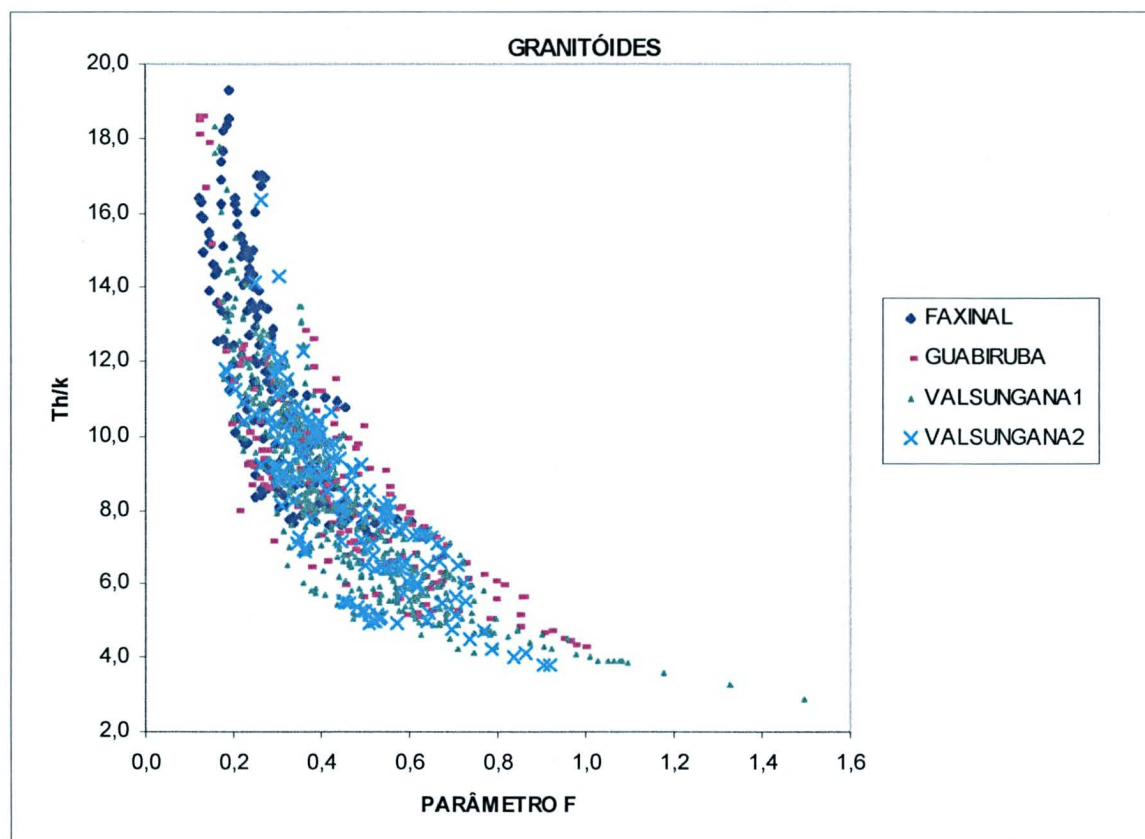


FIGURA 50 – CORRELAÇÃO ENTRE K_d (CALCULADO INDIVIDUALMENTE PARA CADA CONJUNTO GRANITÓIDE) E PARÂMETRO F PARA OS GRANITÓIDES

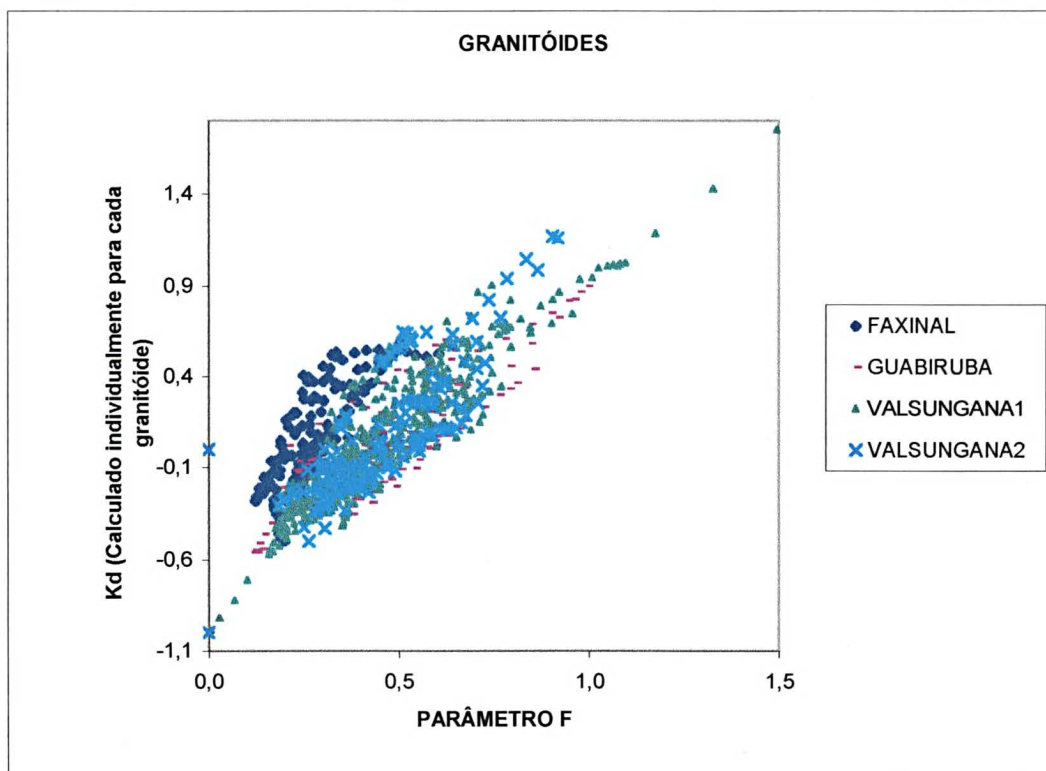


FIGURA 51 – CORRELAÇÃO ENTRE K_d (CALCULADO EM FUNÇÃO DA MÉDIA DE K E T_h DE TODA A ÁREA DE ESTUDO) E O PARÂMETRO F PARA OS GRANITÓIDES

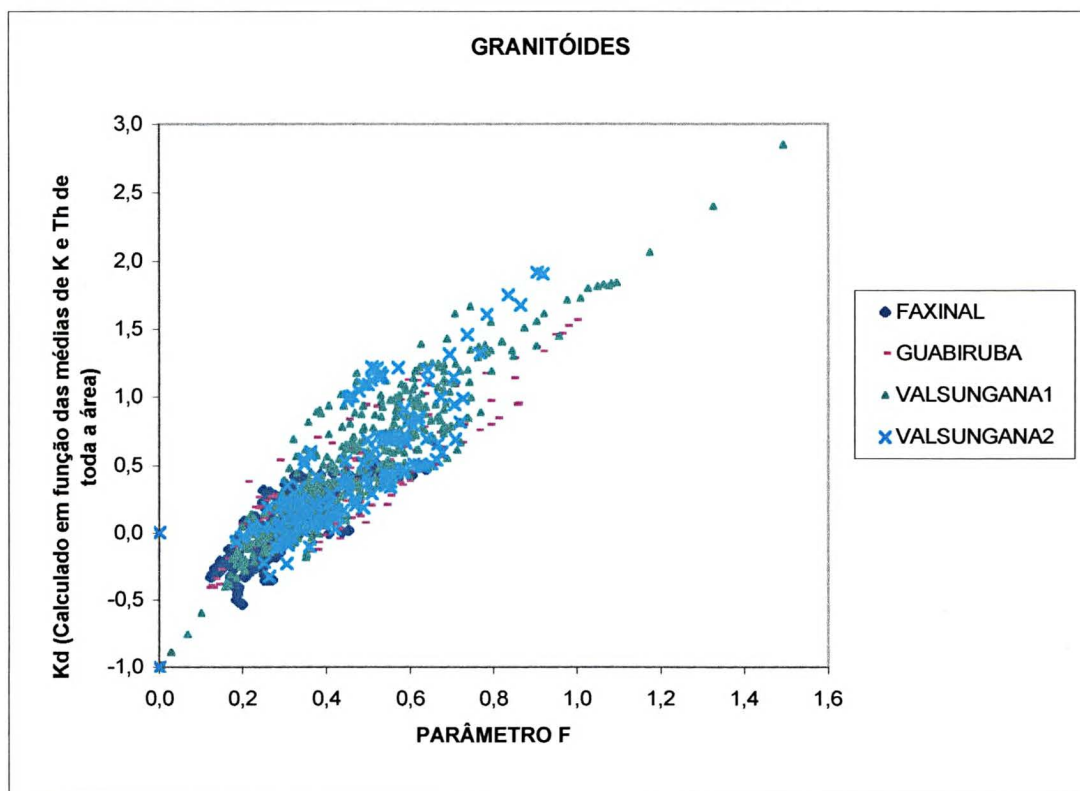


FIGURA 52 – CORRELAÇÃO ENTRE K_d e U_d (CALCULADOS EM FUNÇÃO DAS MÉDIAS DE K , Th e U DA ÁREA DE ESTUDO)

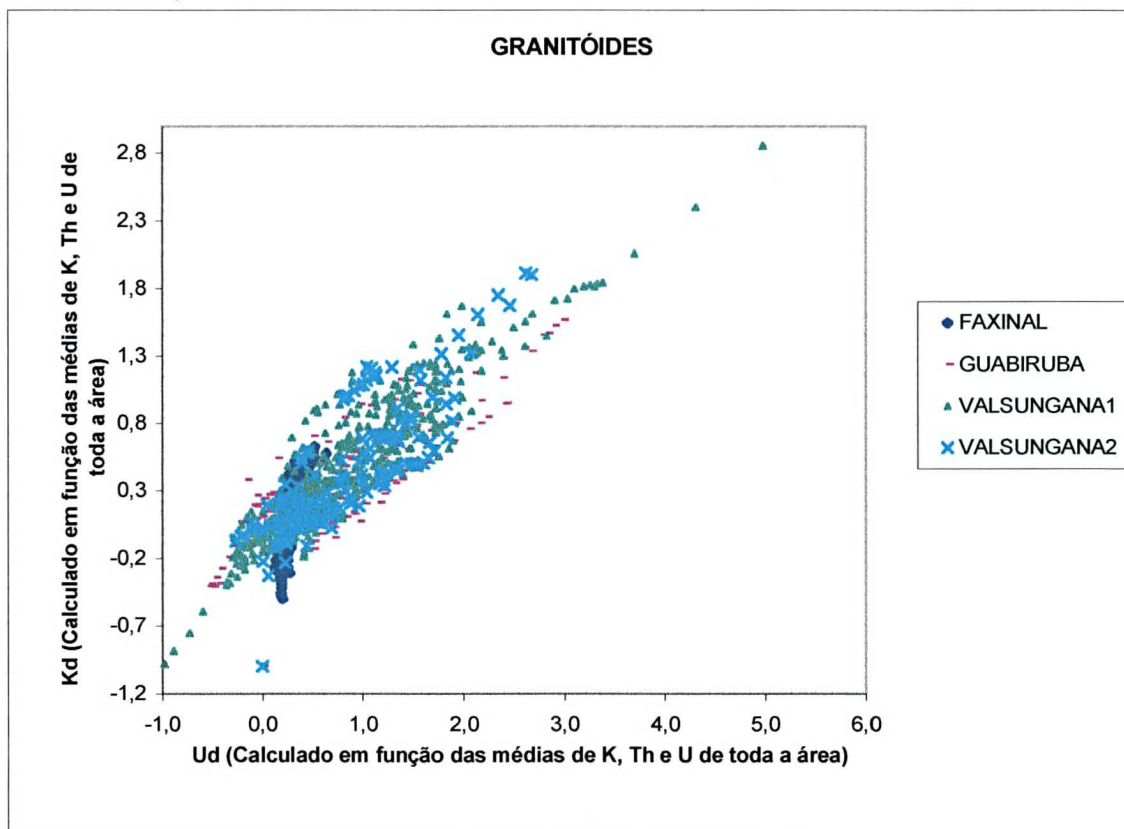
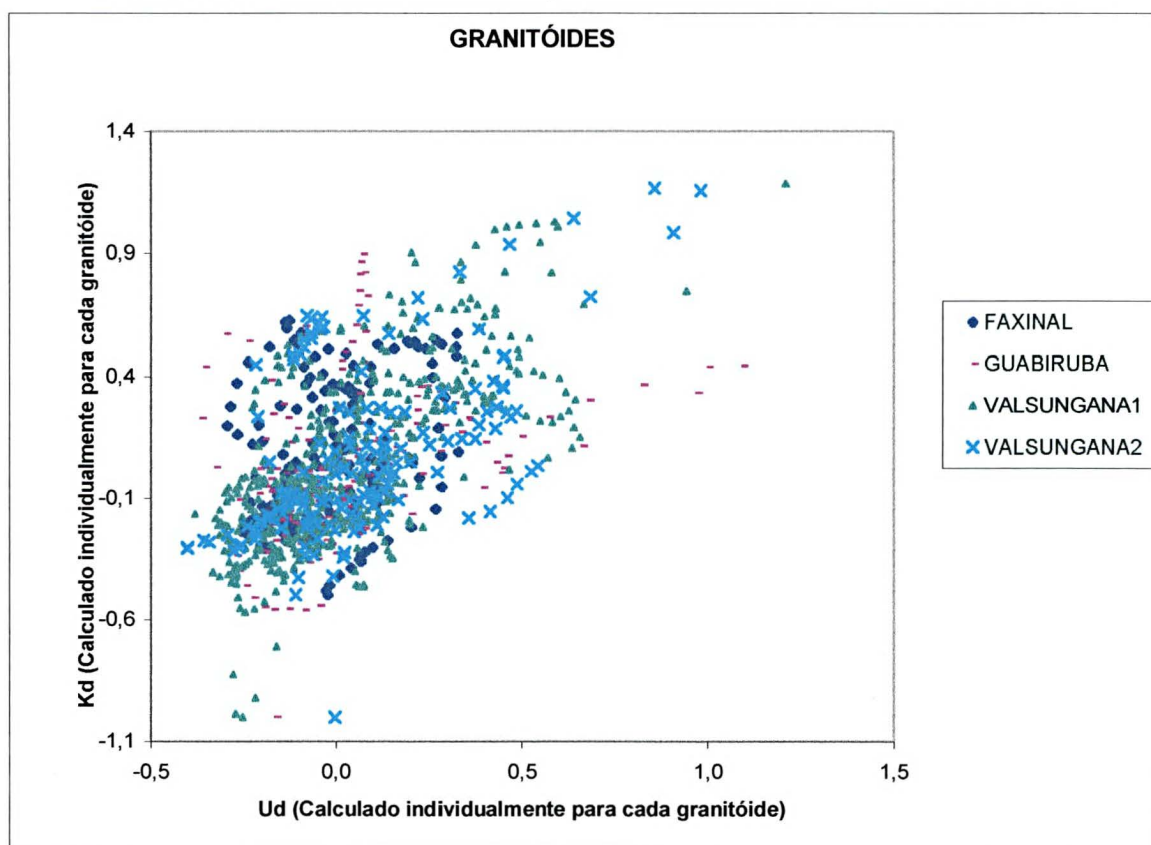


FIGURA 53 – CORRELAÇÃO ENTRE K_d e U_d (CALCULADOS INDIVIDUALMENTE PARA CADA CONJUNTO GRANITÓIDE)



4.3.2.2.1 Análise gamaespectrométrica através de imagens

As imagens gamaespectrométricas sobrepostas ao MDT permitem verificar as distribuições dos teores dos radioisótopos bem como suas relações com os elementos de relevo, como a geomorfologia, no sentido de observar possíveis dispersões causadas por processos pedogenéticos e/ou de movimentos de massa (colúvios).

As variáveis podem ser apresentadas individualmente ou relacionadas através de composições RGB ou CMY. Este processo, no programa *Er Mapper*, é relativamente simples, uma vez importadas do programa *Geosoft*.

- POTÁSSIO

A distribuição do potássio na área (Figura 54) ocorre principalmente em uma faixa diagonal, de sudoeste à noroeste, associado a parte da unidade MPA1 e granitóides Valsungana e Guabiruba. A Bacia do Itajaí apresentou porções com altos e baixos valores, revelando diferenças em seu domínio. A faixa de embasamento, apesar de constituída por rochas de natureza granito-gnáissicas, apresentou, no geral, baixos valores de potássio.

A unidade MPA2 e a porção mais pobre em potássio da unidade MPA1, apresentaram comportamento similar a Bacia de Itajaí, ou seja, com uma heterogeneidade na distribuição dos teores de potássio.

O granitóide Faxinal e o corpo extremo nordeste do Fácies Guabiruba apresentaram baixos teores.

- TÓRIO

A distribuição do tório distinguiu de forma evidente a Bacia de Itajaí da faixa de embasamento, com a qual faz contato (Figura 55). Esta faixa caracterizou-se por baixos teores, com exceção de duas regiões em sua porção norte, uma em seu centro e a outra em seu contato com a Bacia de Itajaí. Quanto às unidades do Complexo Brusque, destacou-se a MPA2 por altos teores e a MAP por baixas concentrações, enquanto que a unidade MPA1 apresentou a mesma diferenciação, conforme demonstrado também pela imagem do potássio (Figura 54).

Os granitóides evidenciaram baixos teores, com exceção de um corpo do

Fácies Guabiruba da porção centro leste da área e uma região restrita localizada na borda oeste do granitóide Faxinal.

FIGURA 54 - IMAGEM DO POTÁSSIO SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS

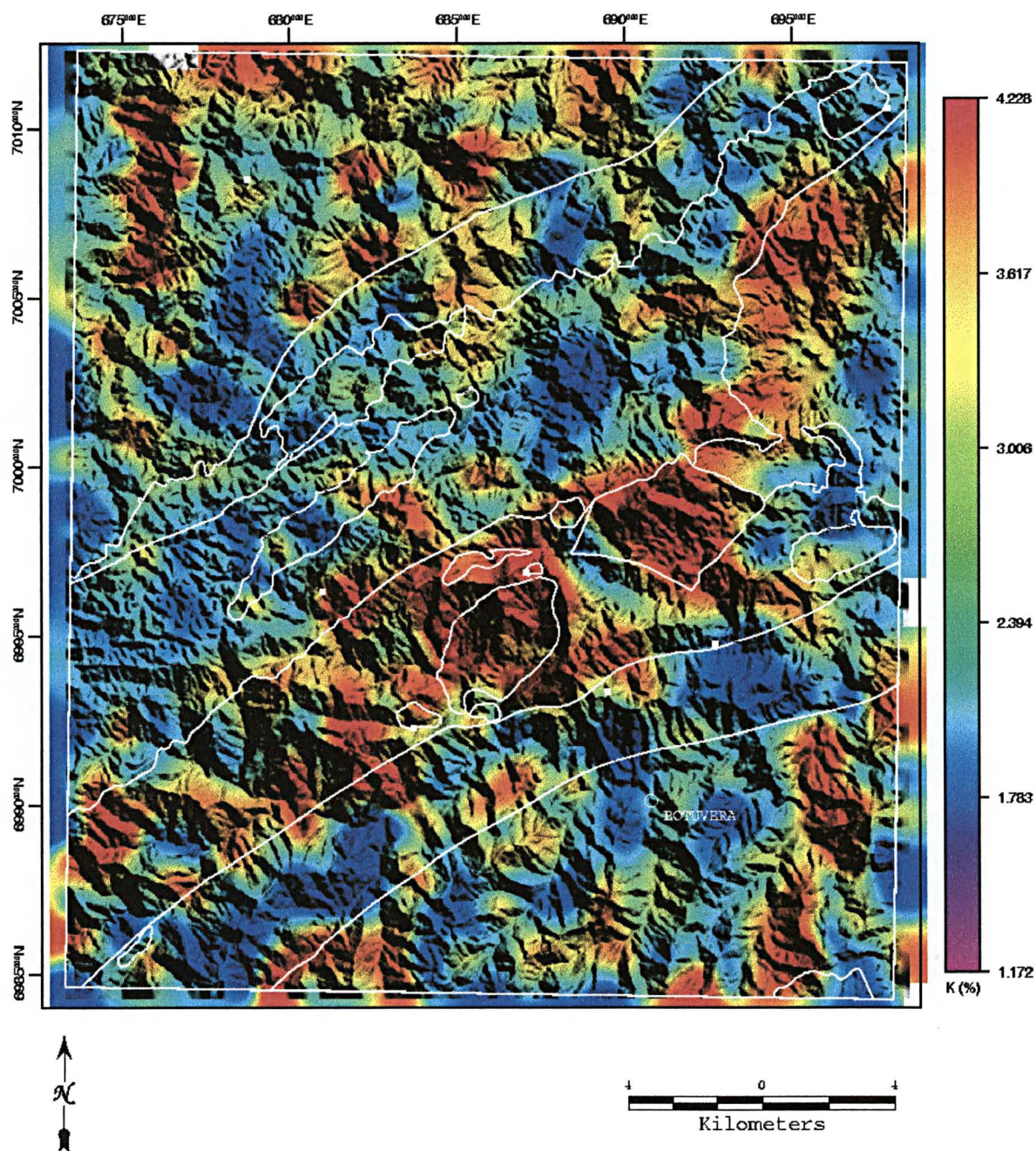
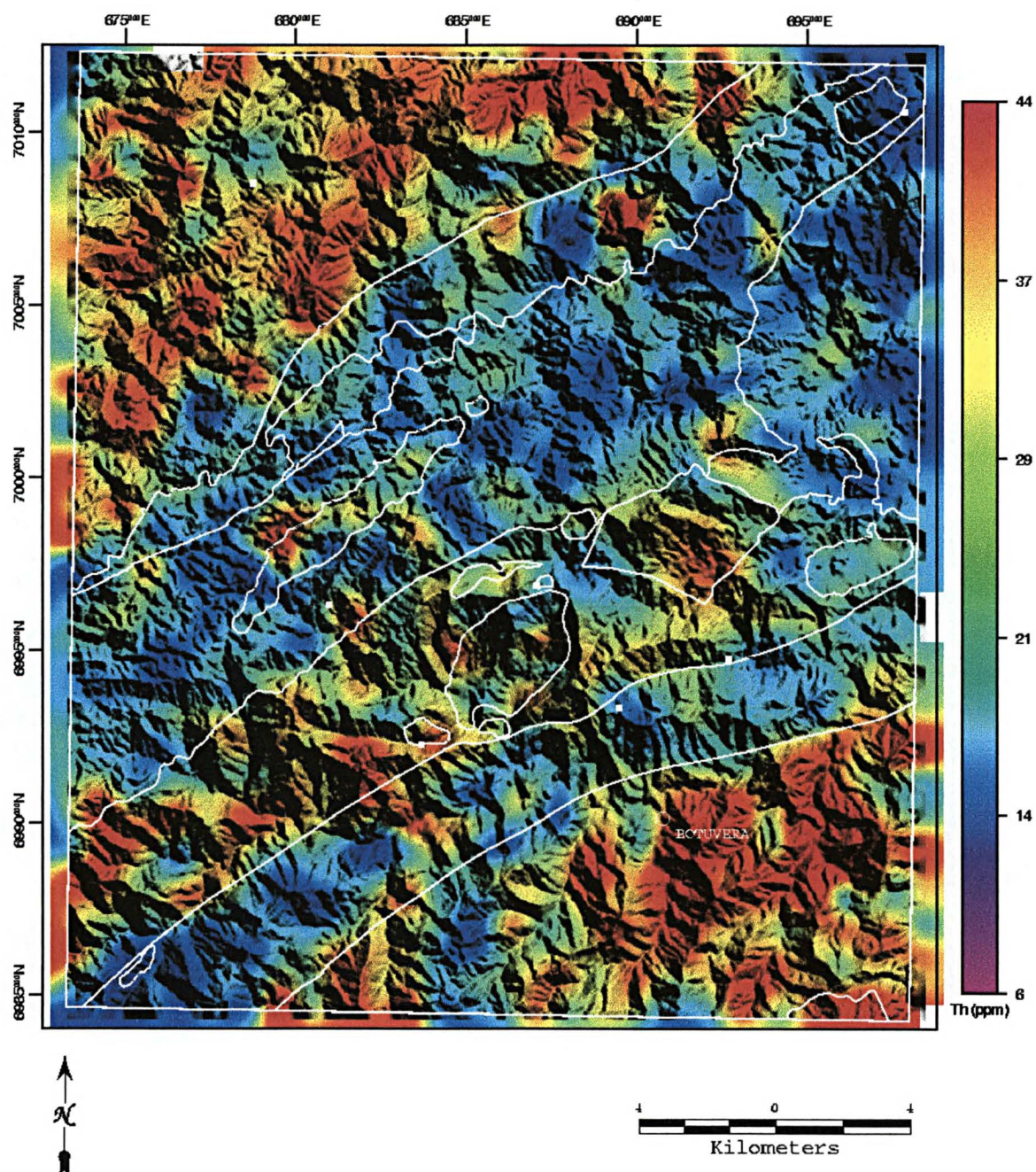


FIGURA 55 - IMAGEM DO TÓRIO SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS



- URÂNIO

A partir da distribuição do urânio (Figura 56) pode-se observar um comportamento mais homogêneo associado à unidade MAP do Complexo Brusque, determinado por baixo teores. Duas porções anômalas destacaram-se nesta unidade, nas bordas do granitóide Faxinaí. Na Bacia de Itajaí e na unidade MPA2 do Complexo Brusque ocorrem altos teores. Dentre os granitóides, o corpo do fácies Guabiruba da porção extrema nordeste da área, novamente, mostrou-se diferente dos outros corpos deste fácies, com teores muito baixos de urânio. Os demais corpos granitóides do fácies Valsungana e Guabiruba apresentaram porções com altos teores, principalmente na borda oeste do maior corpo e no centro do granitóide Guabiruba, a sudeste deste.

O embasamento com teores baixos realçou uma região anômala correspondente ao tório (Figura 55). No interior da unidade MPA1, altos teores localizados ao longo do vale disposto segundo leste-oeste, porção oeste da ocorrência do Tigrano, correlaciona-se a altos teores de potássio.

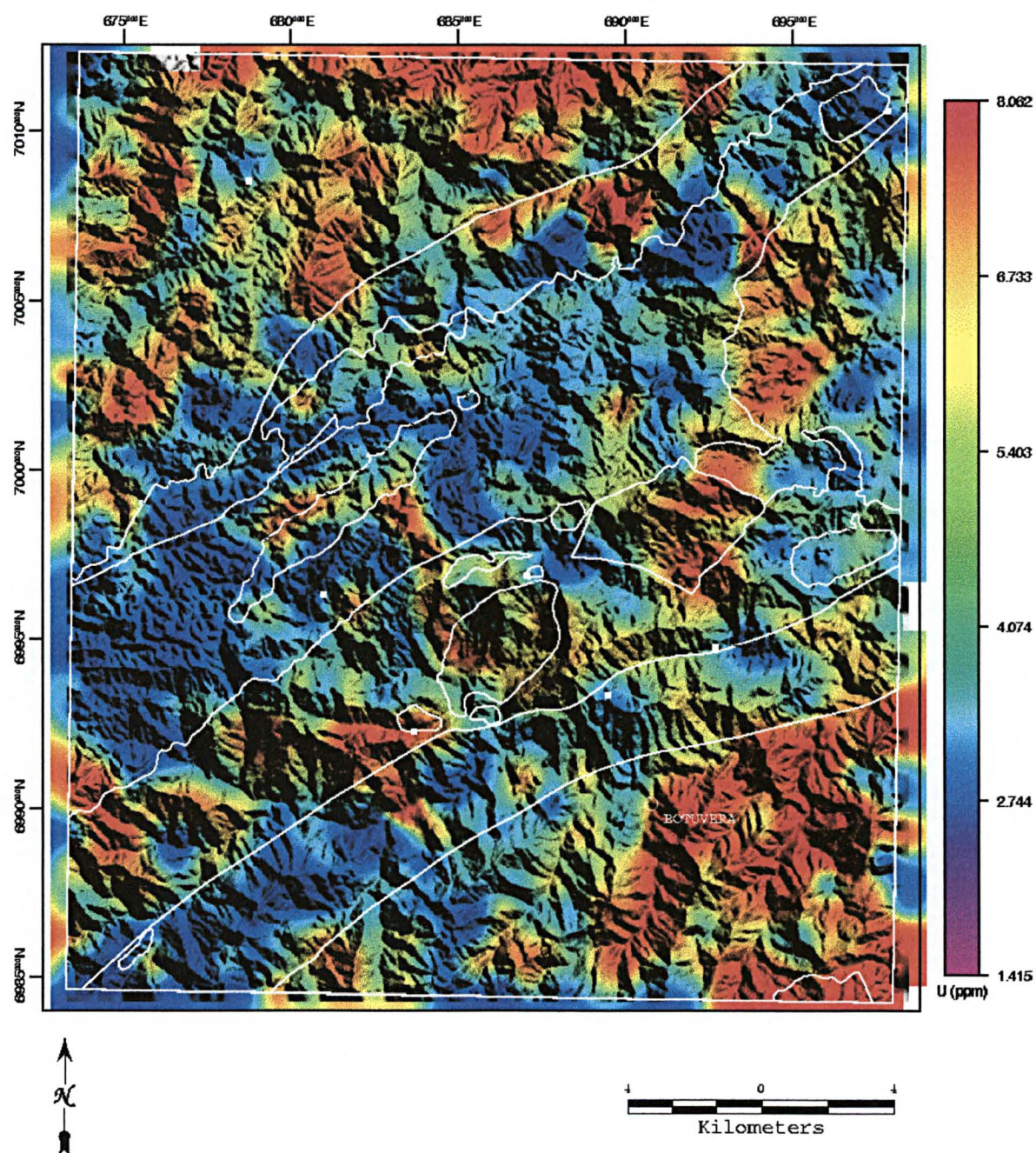
- RAZÃO Th/K

A imagem da razão Th/K denota fortes anomalias no domínio da unidade MPA2, na região leste e sudeste da cidade de Botuverá (Figura 57). Nas demais unidades os valores para esta razão apresentaram-se baixos, apesar das diferenças evidenciadas pelos teores de tório e, principalmente, de potássio na unidade MPA1.

A Bacia de Itajaí foi individualizada das demais unidades por teores mais elevados e os granitóides apresentaram valores muito baixos, onde diferenciaram-se os granitóides Faxinaí e um pequeno corpo do fácies Valsungana da porção centro-leste da área, por razões pouco mais elevadas.

No domínio do embasamento, novamente, destacaram-se duas anomalias correspondentes a altas razões Th/K.

FIGURA 56 - IMAGEM DO URÂNIO SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS



- **RAZÃO U/Th**

No geral, esta razão mostrou-se baixa para toda a área de estudo (Figura 58), denotando valores altos, principalmente, concentrados no granitóide do fácies Valsungana da porção nordeste da área. Os valores, neste corpo granitóide, marcaram de forma bem definida o seu contato com a unidade MAP. Outra região significativa de altas razões U/Th é aquela do embasamento, próximo ao contato da Bacia de Itajaí, em correspondência à razão U/K.

- **RAZÃO U/K**

Esta razão apresentou uma maior similaridade em relação ao urânio do que ao potássio. Também diferenciou a Bacia de Itajaí e a unidade MPA2 do Complexo Brusque das demais, cujo comportamento também é similar a distribuição de tório.

Os granitóides apresentaram baixas razões, salvo algumas porções localizadas no interior do maior corpo do fácies Valsungana e na borda do granitóide Faxinal, cujo comportamento é similar ao do tório e ao do urânio (Figura 59).

- **POTÁSSIO NORMALIZADO PELO TÓRIO - Kd**

A imagem do Kd passou pelo mesmo processo de equalização de seu histograma que a do parâmetro F, cujos resultados igualmente restringiram as áreas anômalas, que anteriormente marcavam as unidades geológicas (Figura 60). Esta normalização discriminou a Bacia de Itajaí e a unidade MPA2 das demais rochas da faixa central da área. Quanto a unidade MPA2 e boa parte da MPA, o comportamento, nesta imagem, mostrou-se similar, exceto numa faixa à sudoeste da área até próximo a porção oeste do granitóide Valsungana em seu segmento central. Quanto as anomalias, houve correspondência com as do parâmetro F.

- **URÂNIO NORMALIZADO PELO TÓRIO - Ud**

O urânio normalizado pelo tório, apresentado na Figura 61, mostrou correspondência com as anomalias do parâmetro F e do Kd, com maior intensidade na borda leste do granitóide Valsungana da porção nordeste da área e menor intensidade nas demais. Outra anomalia evidenciada nesta imagem é no domínio dos gnaisses do embasamento, região de contato com a Bacia de Itajaí.

FIGURA 58 - IMAGEM DA RAZÃO U/Th SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS

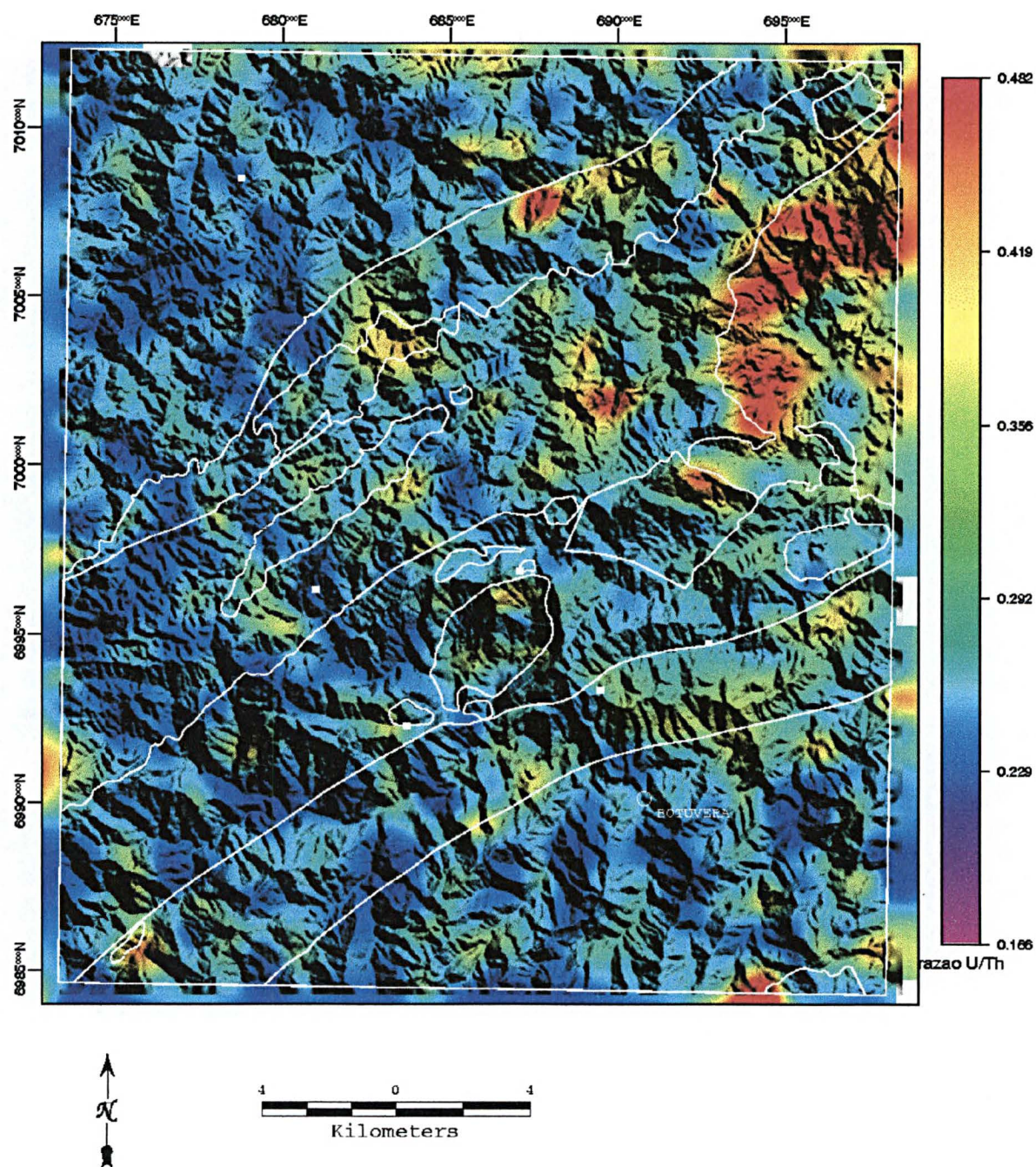


FIGURA 59- IMAGEM DA RAZÃO U/K SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS

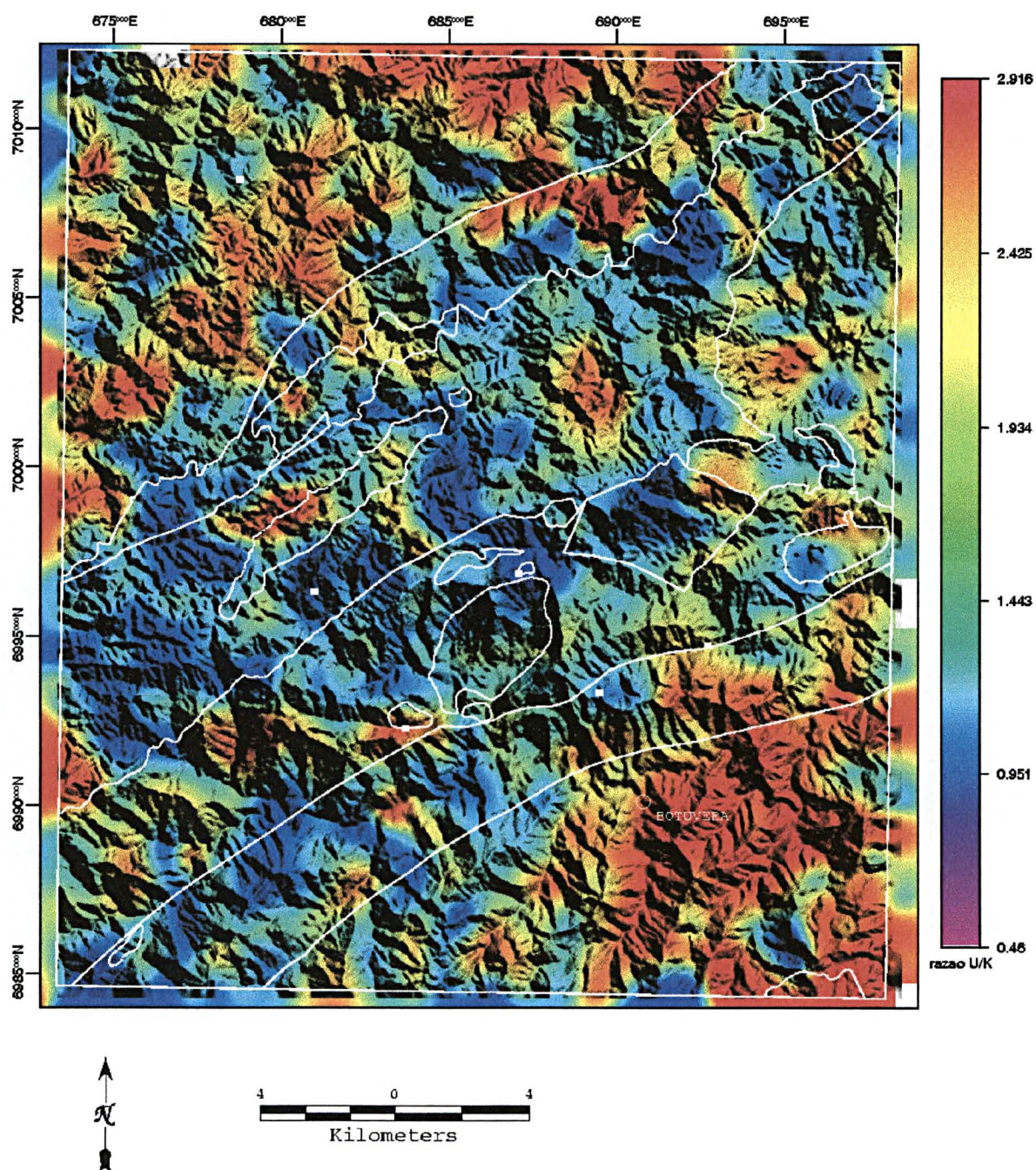


FIGURA 60 - IMAGEM DO POTÁSSIO NORMALIZADO PELO TÓRIO (Kd) SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS

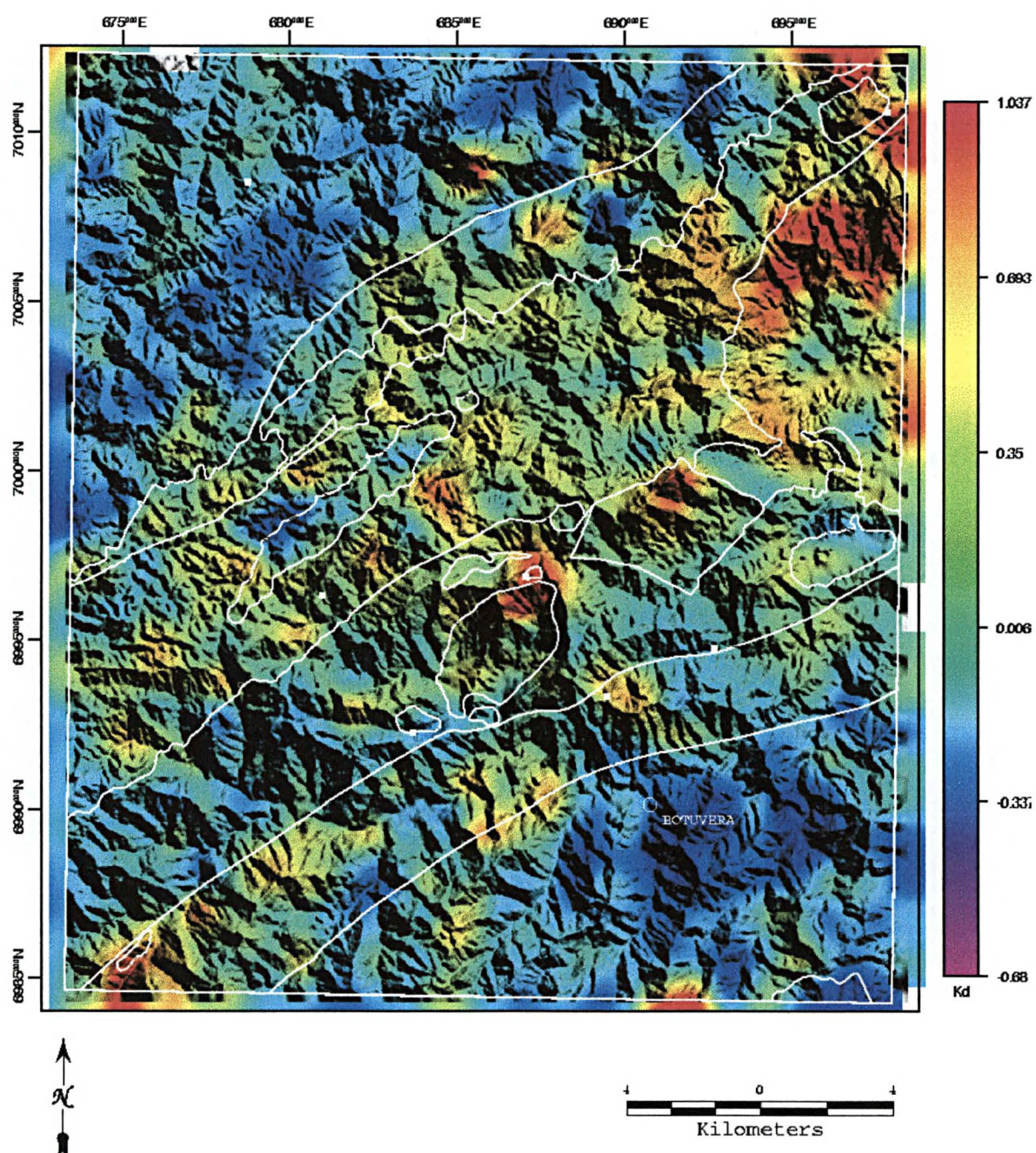
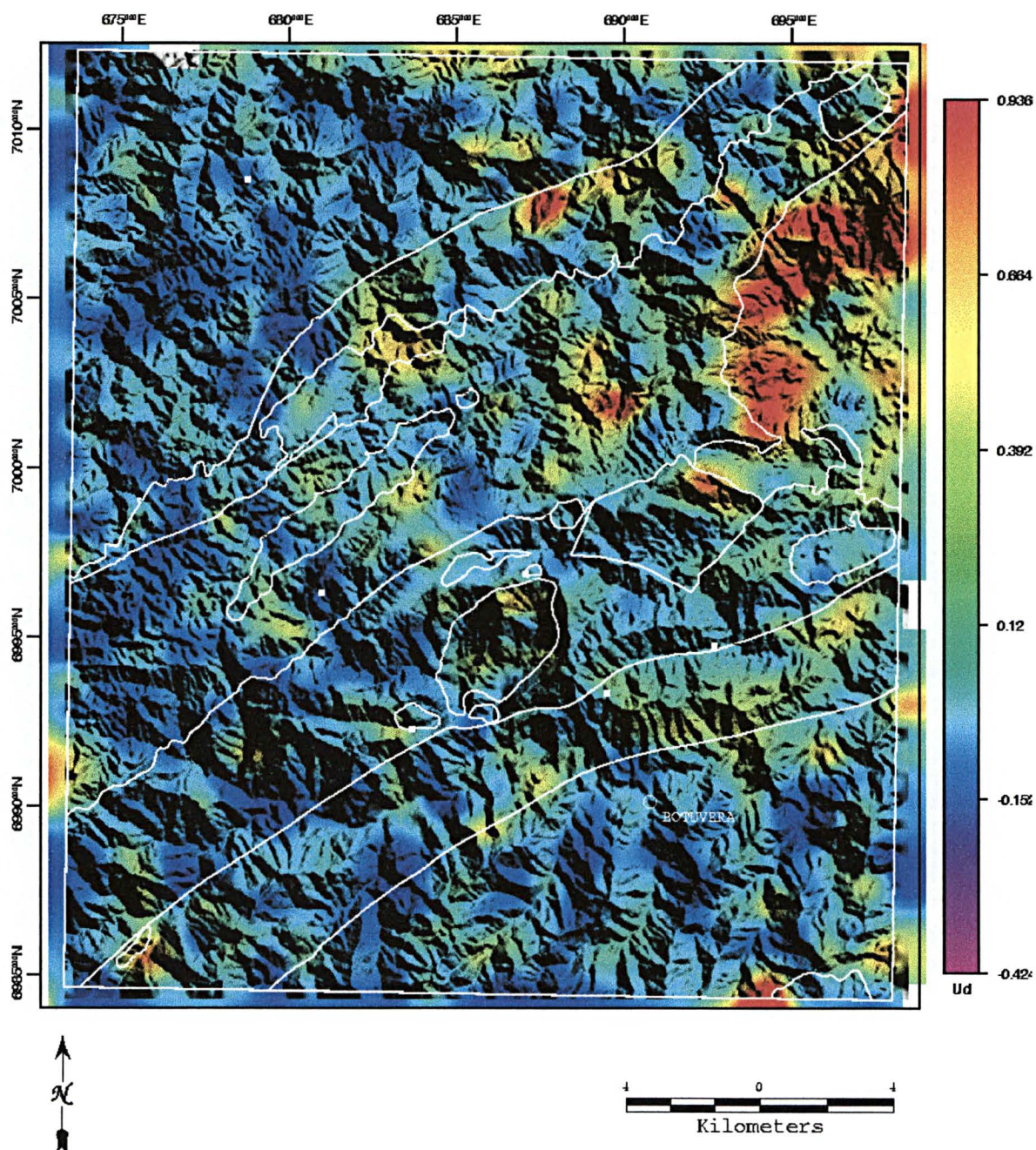


FIGURA 61 - IMAGEM DO URÂNIO NORMALIZADO PELO TÓRIO (Ud) SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS



- PARÂMETRO F

A imagem do parâmetro F sobreposta ao MDT foi inicialmente analisada sem transformações em seu histograma, ou seja, com a variação de valores associada a cores de zero a 255. Nesta imagem, observou-se que os granitóides, de modo geral, apresentaram cores quentes, indicando os altos valores de F em seus domínios, com exceção do granitóide Faxinal. Contudo, ao equalizar seu histograma, redistribuindo as cores, as áreas com altos valores de F foram reduzidas, realçando as anomalias mais significativas em relação a totalidade da área (Figura 62). Tal processamento não acarretou prejuízo aos resultados em função das outras análises realizadas, tais como perfis empilhados com as demais variáveis, topografia e geologia.

O granitóide Faxinaí não apresentou, através deste processamento, anomalias no seu interior, apenas uma região restrita em sua borda leste nos metassedimentos da unidade MAP do Complexo Brusque.

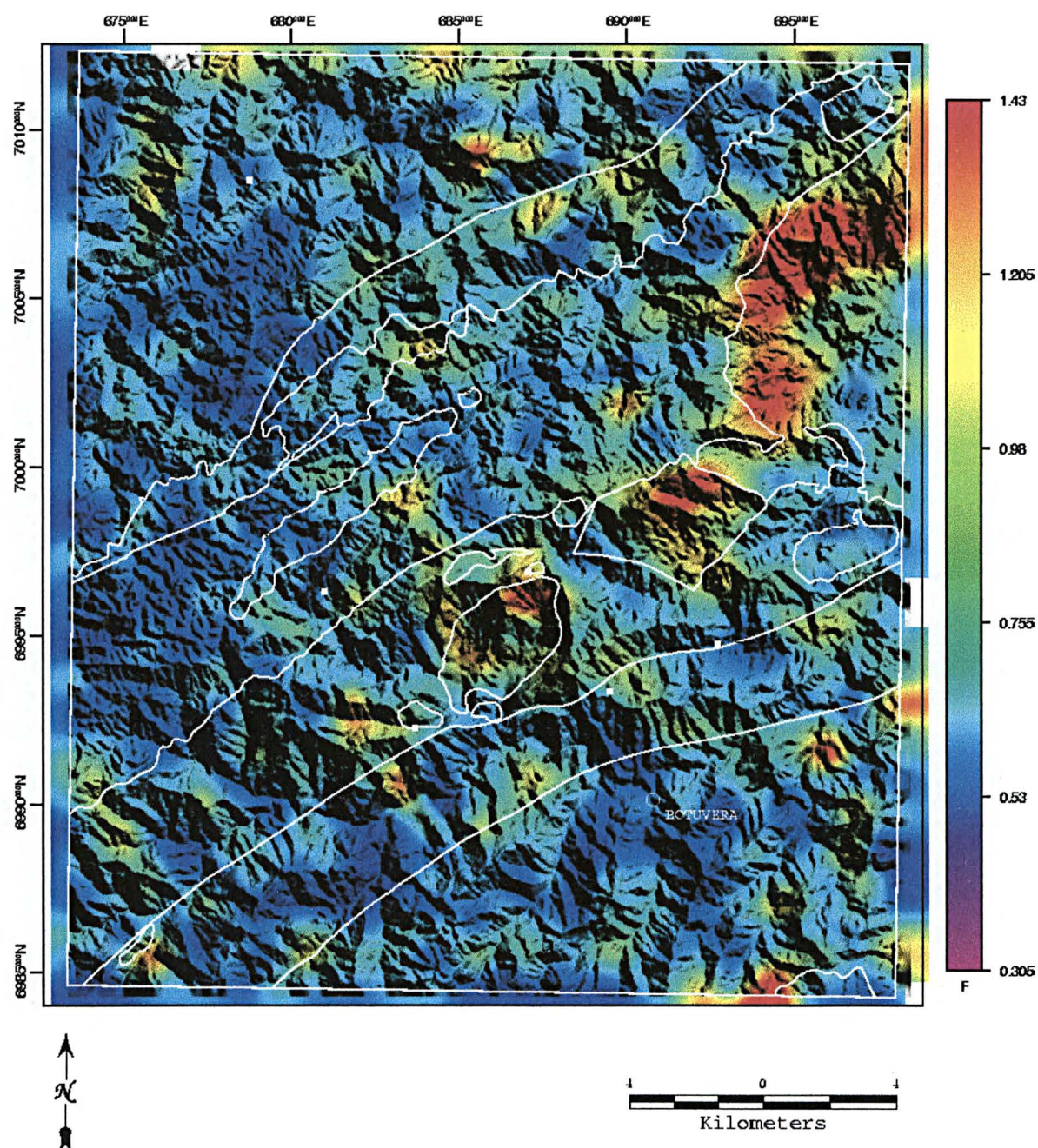
Quanto ao granitóide Valsungana, foi realçada toda a borda oeste do corpo localizado na porção nordeste da área. Também foram registradas anomalias na porção norte do corpo, localizado no centro da área, no contexto da ocorrência do MCB.

No Complexo Brusque destacou-se uma anomalia de pequena dimensão com seu centro posicionado em um vale de direção EW, localizado próximo e a oeste de um pequeno corpo do fácies Valsungana e da ocorrência do Tigrano.

No domínio da Bacia do Itajaí, destacou-se com grande intensidade outra anomalia significativa, também de caráter restrito, centrada em um alto topográfico, possivelmente relacionada a intrusões riolíticas, segundo informação pessoal de Rostirolla.

Quanto à correlação com as unidades geológicas, este processamento não indicou as diferenças entre as litologias cartografadas por Caldasso *et al.* (1995).

FIGURA 62 - IMAGEM DO PARÂMETRO F SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS



- **COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB - K, Th e U**

A composição ternária de K, Th e U da área estudada permite uma visualização simultânea destas variáveis espectrométricas, desta forma permitindo diagnosticar diferenças entre unidades geológicas distintas através de contrastes de tonalidades na imagem. Torna-se mais interessante para prospecção mineral, possibilitando a identificação de regiões onde há um desbalanceamento entre os radioelementos, o qual pode estar associado a mineralizações.

A aplicação desta composição na área de estudo evidenciou a distinção entre a Bacia de Itajaí e a unidade MPA2 das demais, em que há um nítido predomínio de urânio e tório em relação ao potássio (Figura 63). Comportamento inverso, em que o potássio e o urânio predominam em relação ao tório, verificou-se em porções significativas dos granitóides Valsungana e Guabiruba.

O granitóide Faxinaí mostrou uma composição, em que urânio e tório predominam em relação ao potássio. A faixa setentrional da unidade MPA1 diferenciou-se do restante desta unidade e da unidade MAP, com a qual faz contato.

- **COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB - U/Th, U/K e Th/K**

A composição colorida da fusão RGB das três razões, discutidas nos tópicos anteriores, demandou maior critério para sua análise em função da complexidade inerente. Novamente, ficaram evidenciadas a Bacia de Itajaí e a unidade MPA2, enquanto no restante da área houve alternância das três tonalidades (RGB). Também marcou o granitóide do Fácies Valsungana da porção nordeste da área, onde houve predominância do urânio sobre o tório, marcado pela tonalidade avermelhada. Com este comportamento também destacou-se a porção setentrional do corpo desta fácies na porção central, região do MCB.

O granitóide Faxinaí foi bem individualizado de suas encaixantes por tonalidades claras entre azul e verde, principalmente em sua borda leste (Figura 64).

- **COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB - F, Kd e Ud**

Na imagem desta composição (Figura 65), são marcadas com maior importância prospectiva as que apresentam tonalidades mais claras, onde as três variáveis apresentam valores elevados, ou uma predominância entre o parâmetro F

e o Kd, que geralmente definem as zonas associadas a mineralizações em detrimento do Ud. Neste sentido, observaram-se regiões de interesse na borda do granitóide Valsungana, no vale a oeste da ocorrência do Tigrano e uma região na unidade MAP, próxima ao contato com o granitóide Faxinal.

FIGURA 63 - IMAGEM DA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB DE K, Th E U SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS

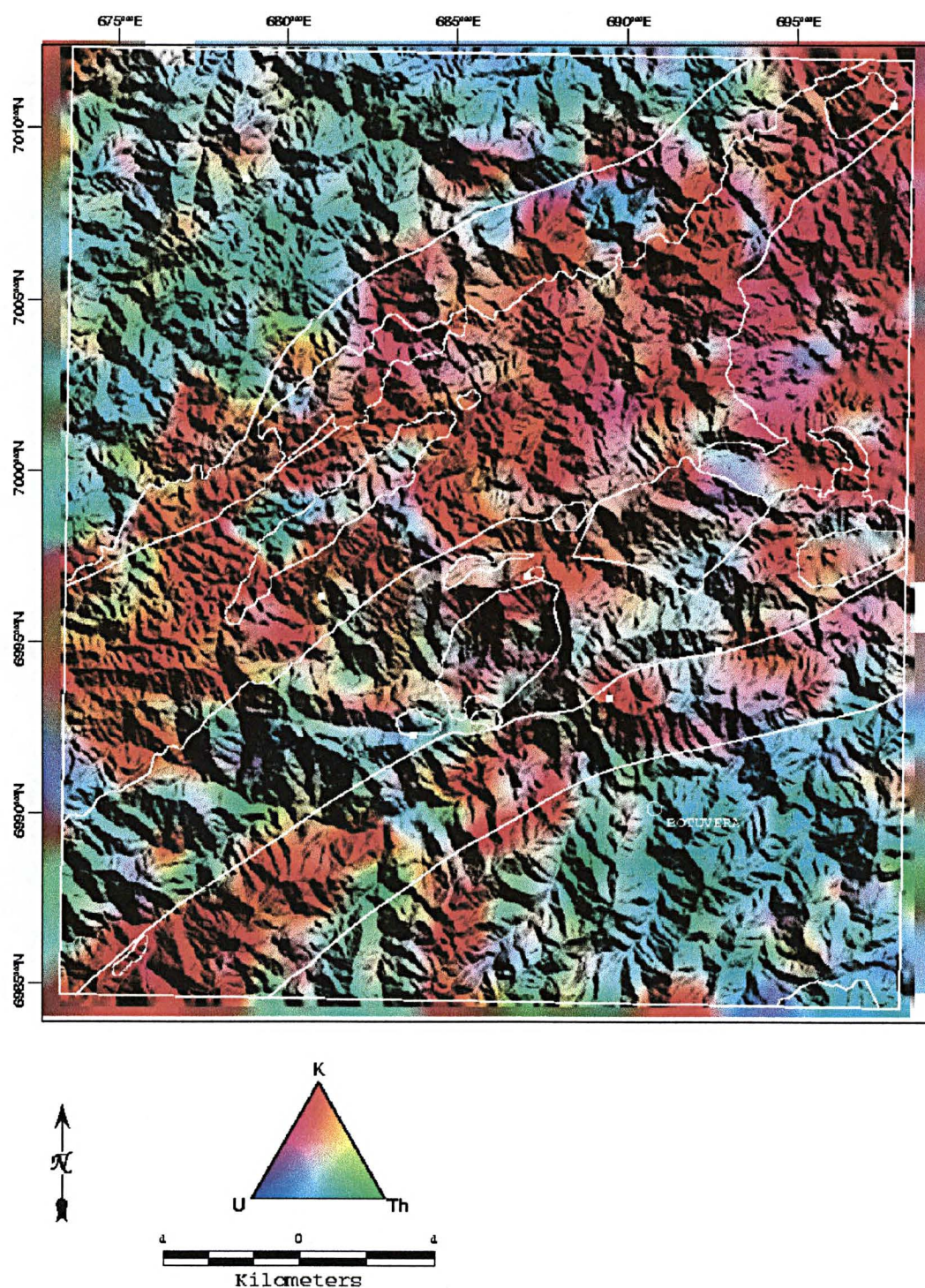


FIGURA 64 - IMAGEM DA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB DE U/Th, UK E Th/K SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS

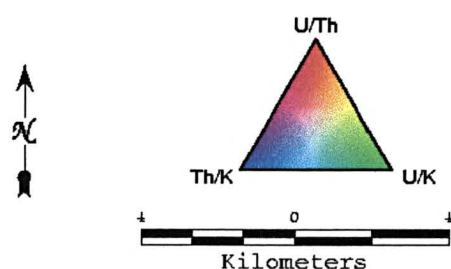
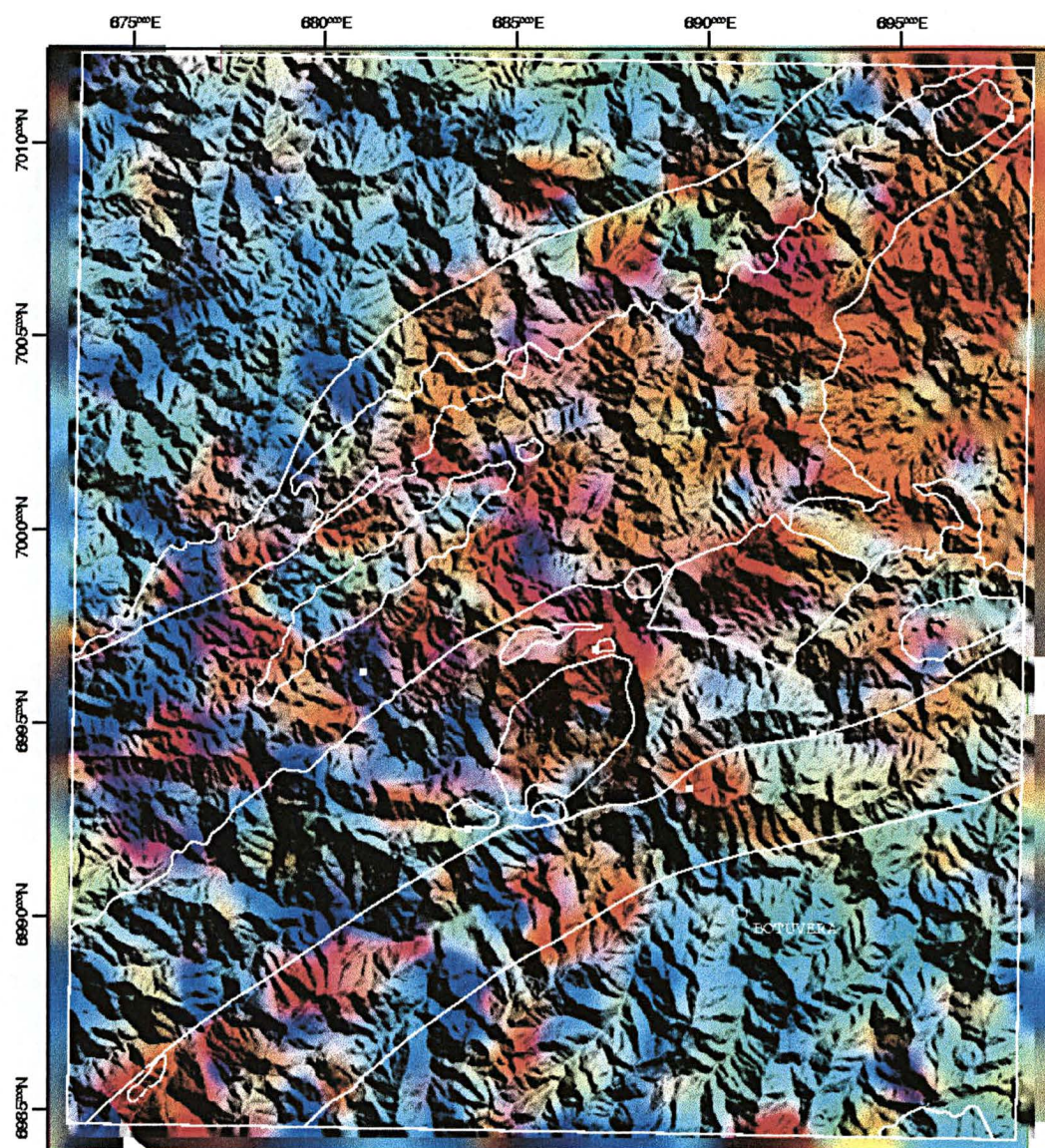
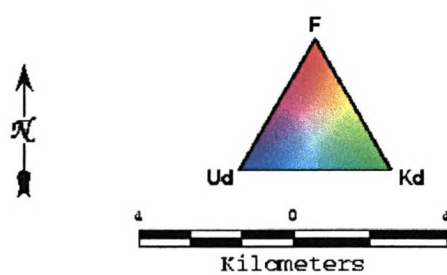


FIGURA 65 - IMAGEM DA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB DE F, Kd E Ud SOBREPOSTA AO MDT E PRINCIPAIS UNIDADES GEOLÓGICAS



4.3.2.2.2 Análise gamaespectrométrica através de perfis - definição de alvos exploratórios e assinaturas geofísicas

Para a caracterização das anomalias, primeiramente buscou-se localizar em planta, ao longo das linhas de voo, as estações com valores anômalos de F, Kd e Ud (Figuras 66, 67 e 68, respectivamente). Através das estatísticas da Tabela 03, foram consideradas três faixas anômalas: a primeira com valores entre a média mais 1 e a média mais 2 desvios padrão; a segunda entre a média mais 2 e mais 3 desvios padrão e, por fim, valores maiores que a média mais 3 desvios padrão.

Foram construídos gráficos de correlação entre as variáveis gamaespectrométricas de maior interesse prospectivo (Figuras 69, 70, 71 e 72), para visualização de suas distribuições e identificação de valores anômalos. Tais valores foram identificados em planta e nos perfis.

Em seguida os picos de valores anômalos de F, Kd e Ud foram localizados nos perfis e posteriormente em planta, através do programa *ArcView 3.0a*, pela ferramenta de pesquisa *query*, a fim de definir alvos nas zonas anômalas.

As 37 linhas de voo foram analisadas individualmente, através de perfis empilhados com a geologia e a topografia, extraída do MDT, dos quais três foram selecionados para apresentação, em função das anomalias contidas (Figuras 73, 74 e 75).

Os picos das anomalias foram classificados em ordem de intensidade e os resultados obtidos foram correlacionados com os dados geológicos, pintas de Au em concentrados de bateia, zonas anômalas e áreas favoráveis para ouro apresentadas por Caldasso *et al.* (1995) para, em seguida e com base nesta correlação, sugerir novos alvos exploratórios.

A resposta gamaespectrométrica da área favorável A, a qual envolve as ocorrências do MCB e do Tigrano (Figura 76), foi estabelecida através dos perfis empilhados apresentados na Figura 74, em correspondência com o perfil geológico B-B', onde observa-se claramente incrementos da razão U/Th, do parâmetro F e das anomalias Ud e Kd. As anomalias de F, acima da média mais três desvios padrão, também estão relacionadas com baixas razões Th/K, ambas indicativas de alteração hidrotermal, verificada por ocasião da definição da assinatura gamaespectrométrica terrestre da ocorrência do MCB (Fornazzari *et al.* 2001a).

A área favorável B, representada pelo granitóide do fácies Faxinal, não apresentou resposta indicativa de alteração hidrotermal, apesar das altas contagens de pintas de ouro em concentrados de bateia, sugerindo que os processos de mineralização devem ser distintos dos anteriores. A área favorável C não foi avaliada em função da falta de dados (grande espaçamento entre as linhas de vôo).

A área D, de forma semelhante à área favorável B, não apresentou resposta típica das verificadas para as ocorrências do MCB e do Tigrano, talvez pelos motivos apresentados anteriormente, apesar da presença das zonas anômalas 4 e 5, verificando-se o mesmo comportamento para as ocorrências Gaspar Alto e Quati (6 e 7, respectivamente, Figura 76). Finalmente, na área favorável (E), foi identificado apenas um pico anômalo do parâmetro F, no centro da zona anômala 6.

Com base na assinatura das ocorrências do MCB e do Tigrano, foram propostos três novos alvos exploratórios para ouro (Figura 76), os quais devem refletir estilos semelhantes de mineralização. O primeiro alvo (F1) localiza-se na borda do granitóide Valsungana, a noroeste da área; o segundo (F2) situa-se no granitóide Guabiruba, porção centro-leste da Folha e o terceiro (F3) está hospedado na região de xistos da unidade MPA1 do Complexo Brusque e posicionado à oeste da ocorrência do Tigrano, possivelmente no prolongamento da mesma estrutura de direção E-W.

A assinatura gamaespectrométrica do alvo F1 pode ser observada na Figura 75, onde destaca-se, do mesmo modo que na Figura 74, incrementos da razão U/Th, do parâmetro F e das anomalias Ud e Kd, associadas com baixas razões Th/K, portanto indicando uma área de alteração hidrotermal. É importante ressaltar que o alvo F1 encerra duas estações anômalas de Au, além de representar os mais elevados índices do parâmetro F e as mais baixas razões Th/K de toda a área, conforme a Figura 70.

FIGURA 66 - MAPA DE ANOMALIAS DO PARÂMETRO F AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO

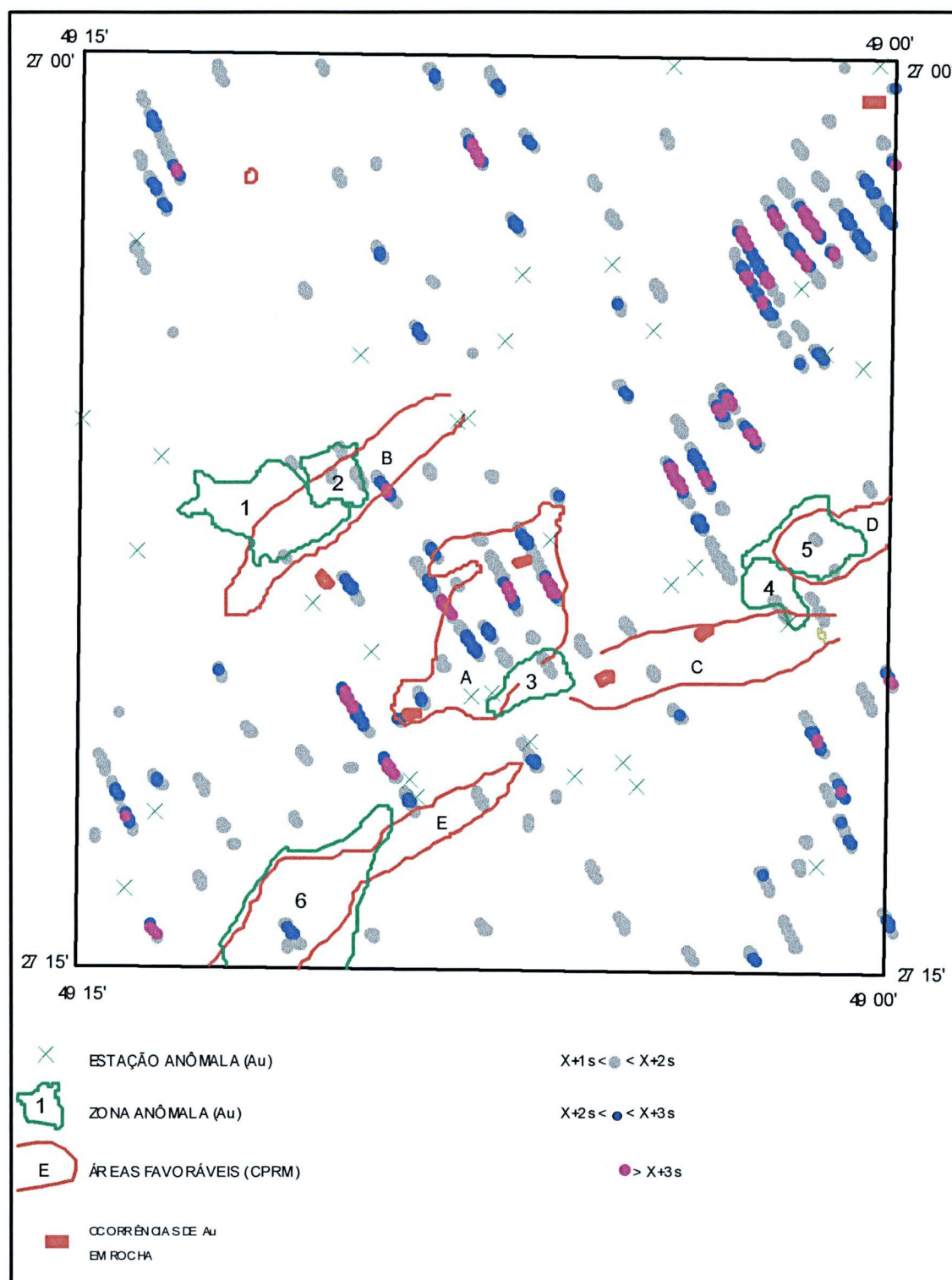


FIGURA 67 - MAPA DO POTÁSSIO ANÔMALO (Kd) AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO

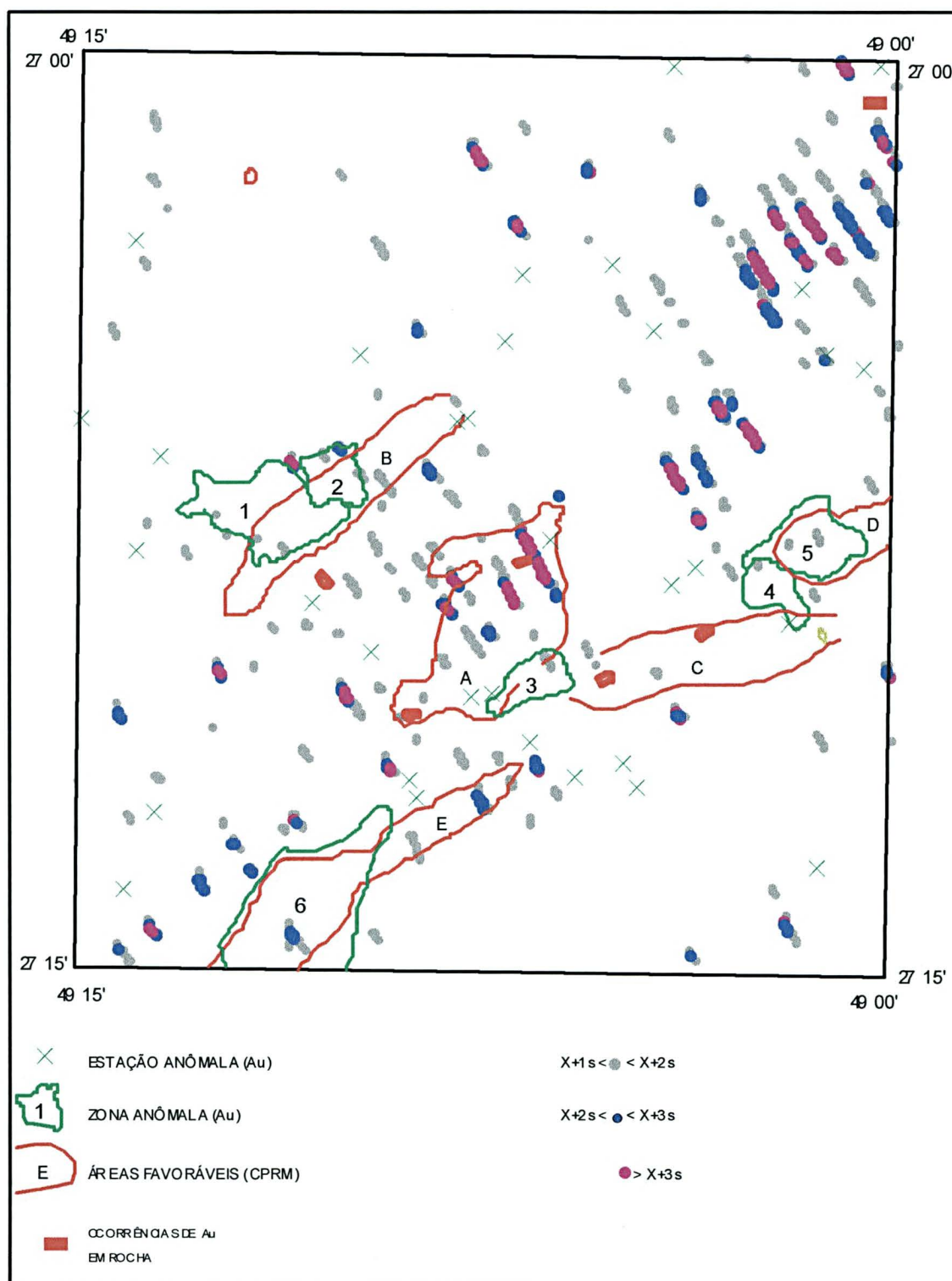


FIGURA 68 - MAPA DO URÂNIO ANÔMALO (Ud) AO LONGO DAS LINHAS DE VÔO

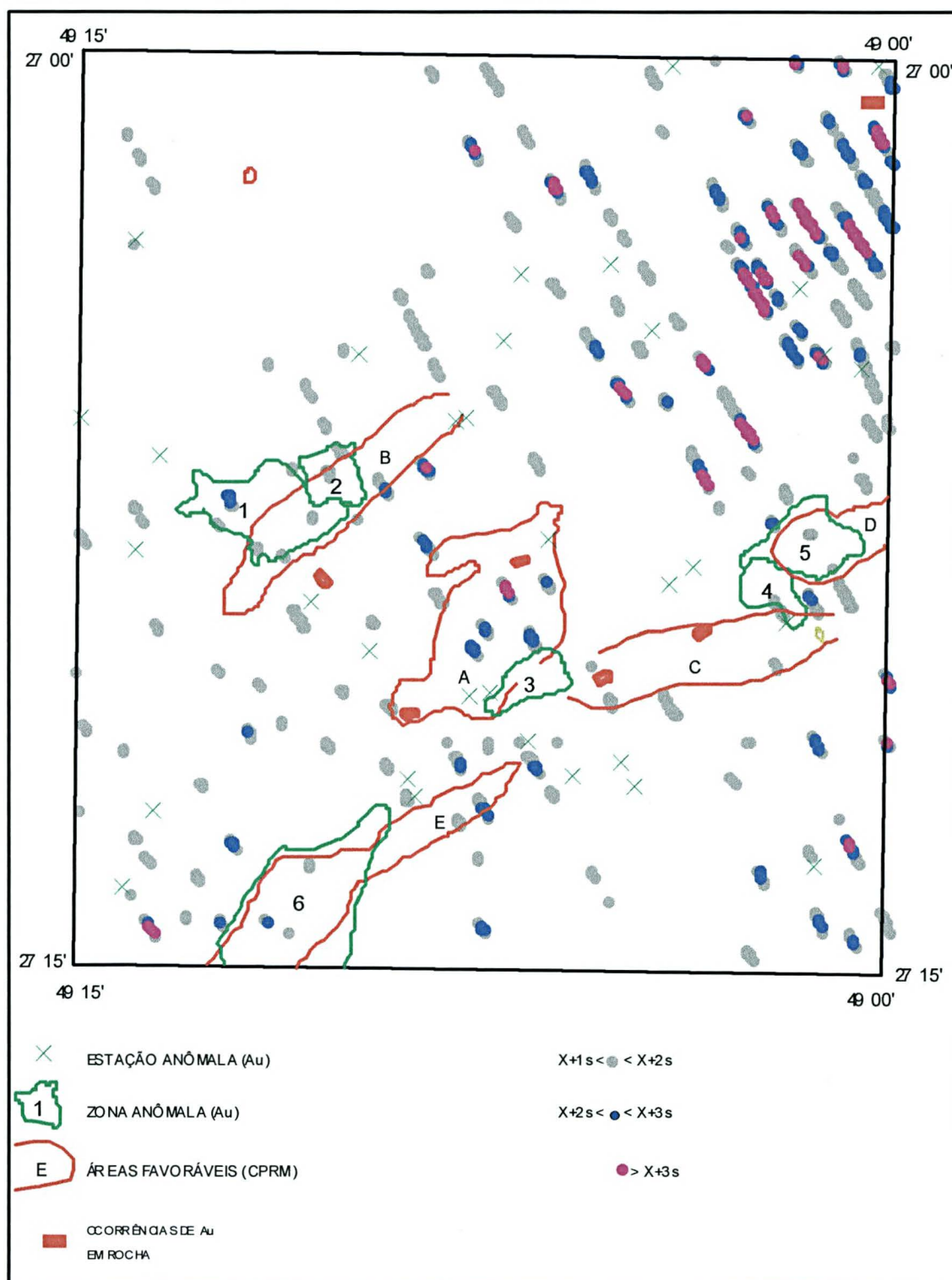


FIGURA 69 - CORRELAÇÃO ENTRE O POTÁSSIO ANÔMALO (Kd) E URÂNIO ANÔMALO (Ud) DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1

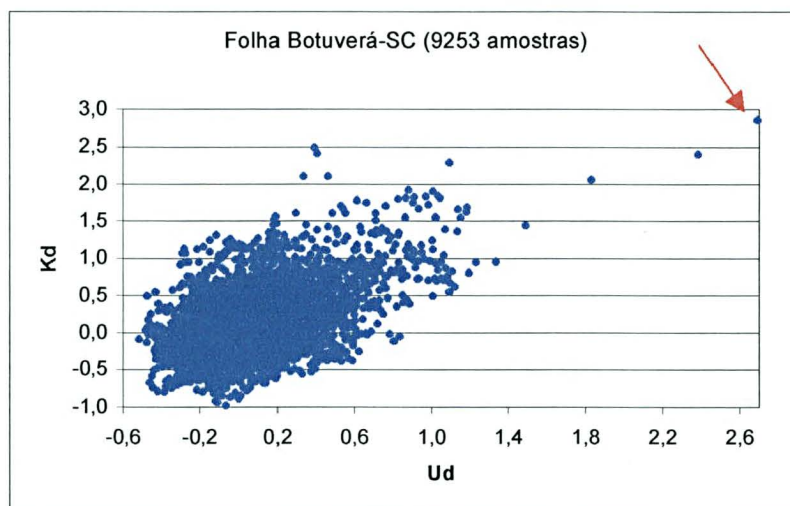


FIGURA 70 -CORRELAÇÃO ENTRE A RAZÃO Th/K E O PARÂMETRO F DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1

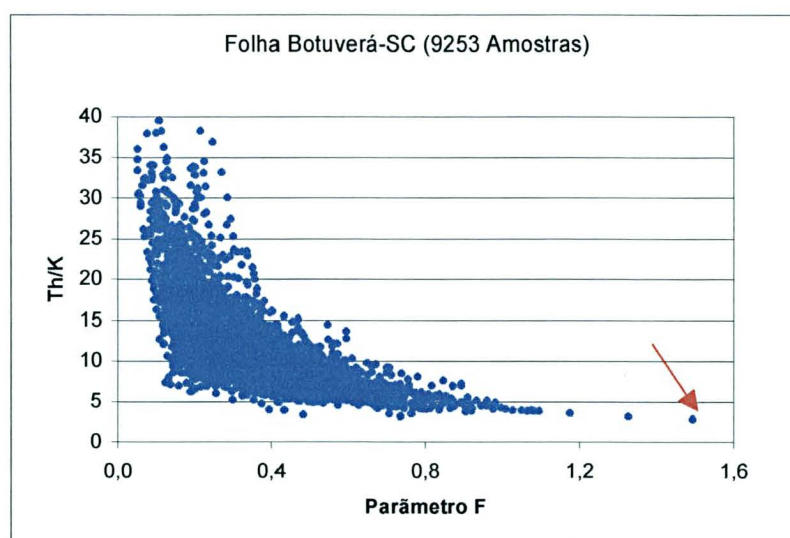


FIGURA 71 - CORRELAÇÃO ENTRE O POTÁSSIO ANÔMALO (Kd) E PARÂMETRO F DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1

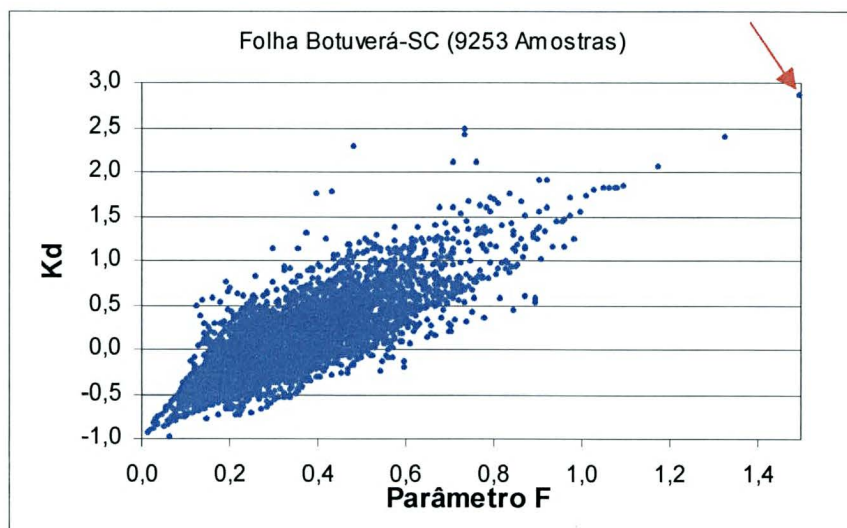


FIGURA 72 - CORRELAÇÃO ENTRE O URÂNIO ANÔMALO (Ud) E PARÂMETRO F DE TODA A ÁREA DE ESTUDO, INDICANDO O ALVO F1

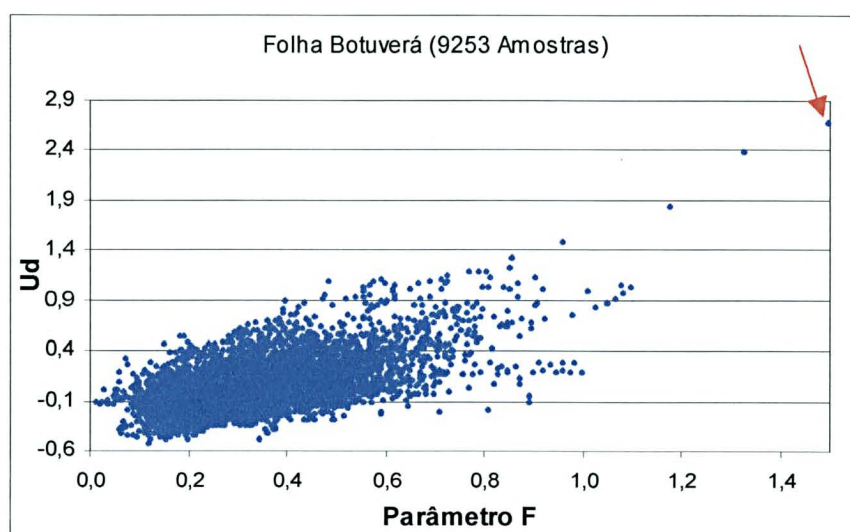


FIGURA 73 - PERFIS GAMAESPECTROMÉTRICO E GEOLÓGICO EMPILHADOS A-A'

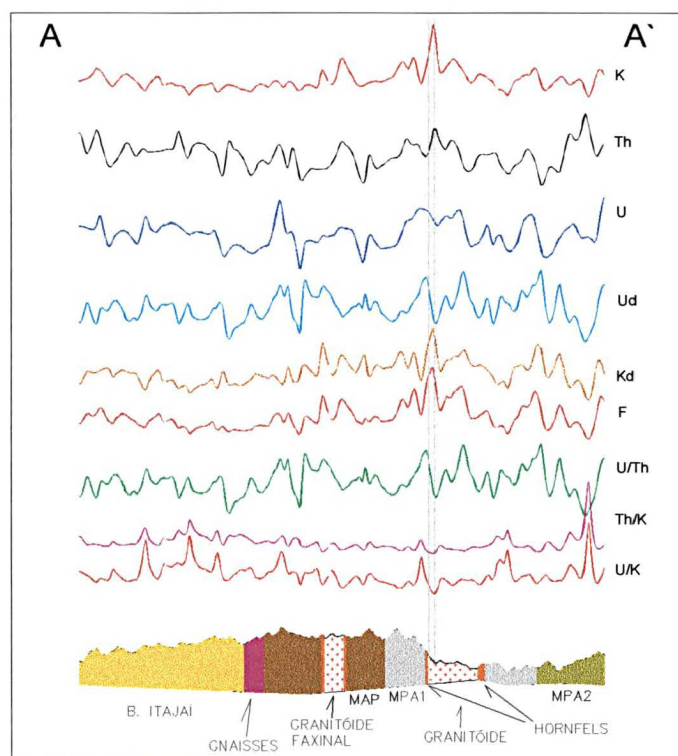


FIGURA 74 - PERFIS GAMAESPECTROMÉTRICOS E GEOLÓGICO EMPILHADOS B-B'

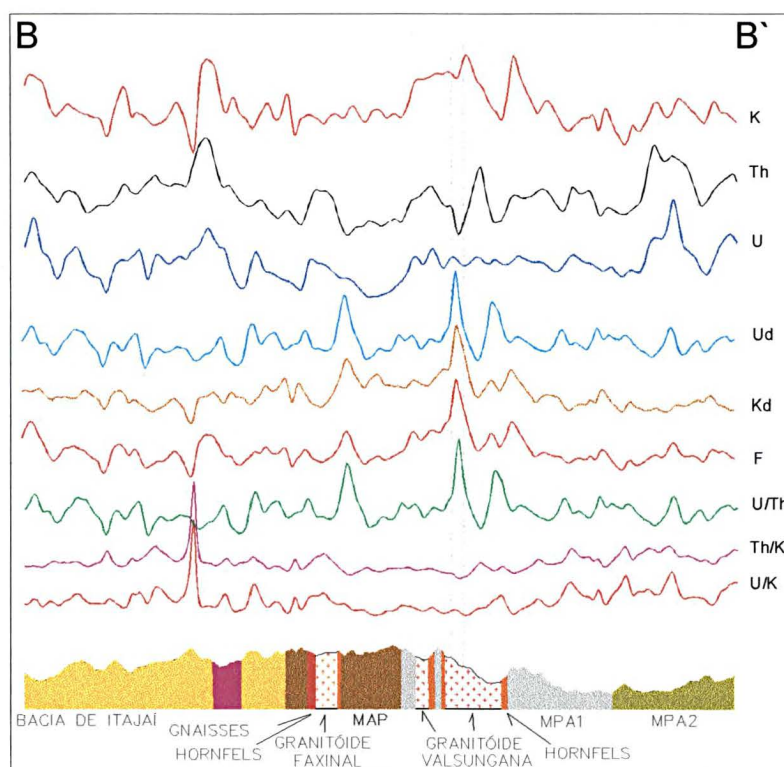


FIGURA 75 - PERFIS GAMAESPECTROMÉTRICOS E GEOLÓGICO EMPILHADOS C-C'

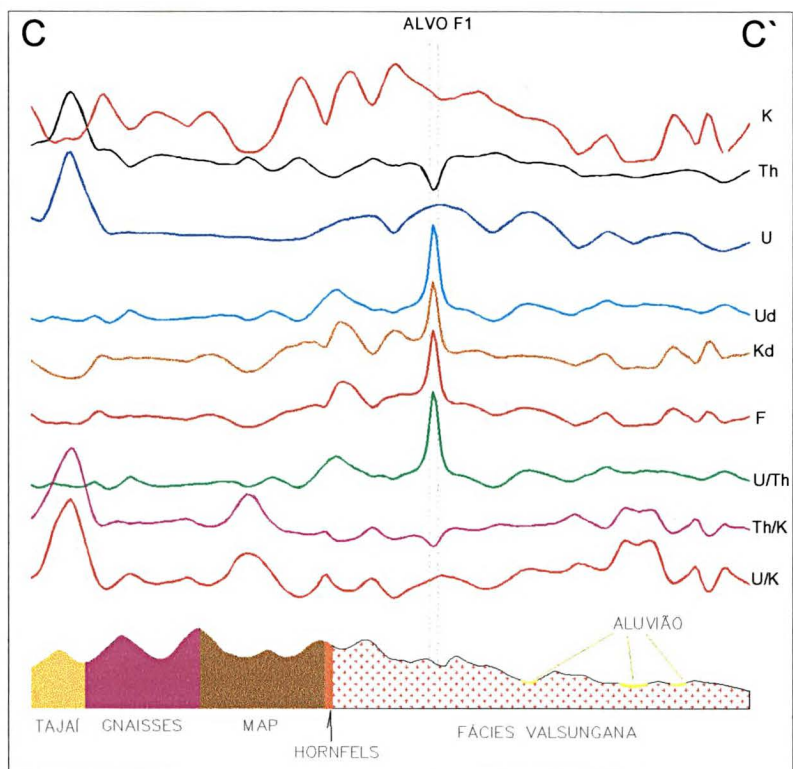
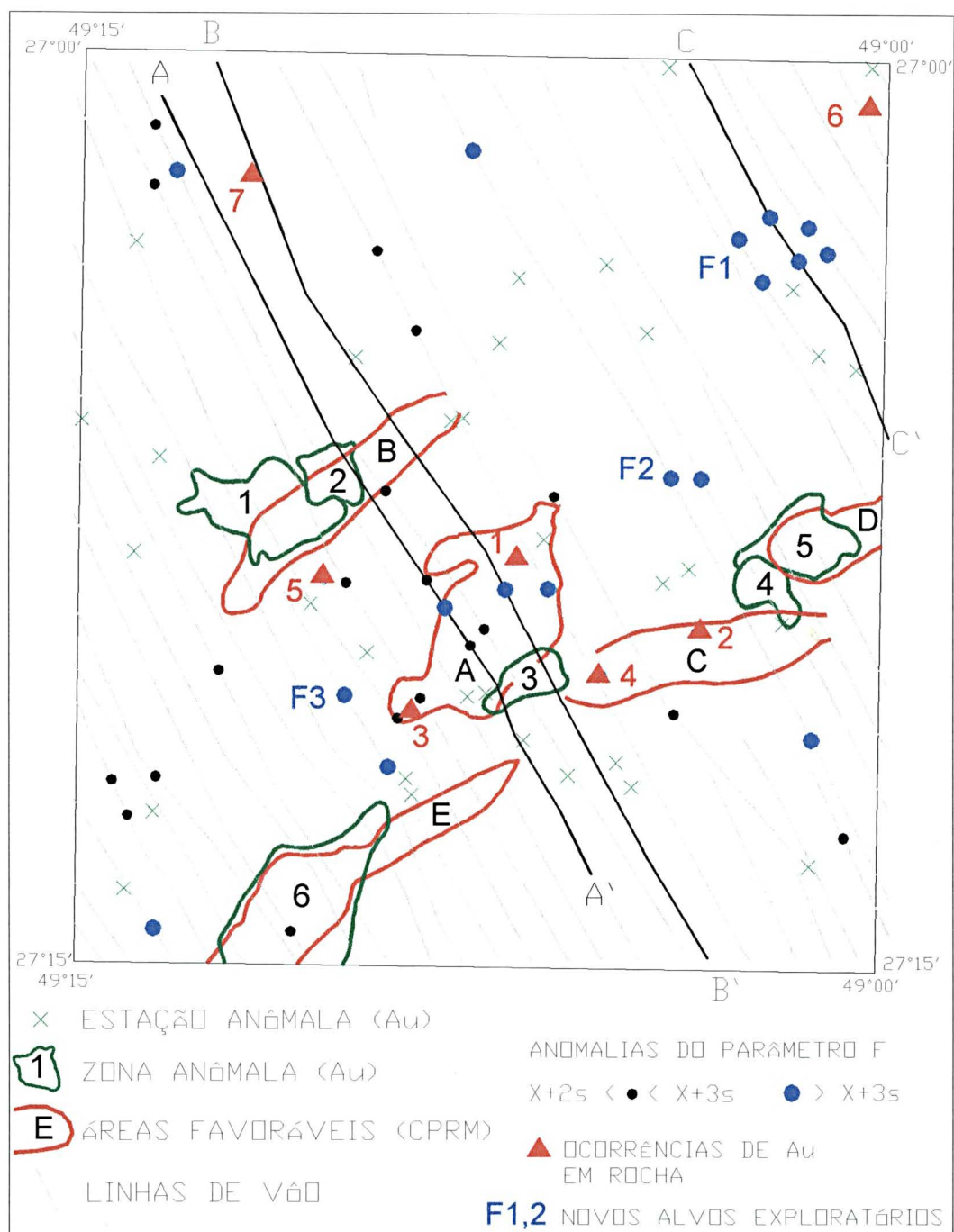


FIGURA 76 - MAPA DE ALVOS GAMAESPECTROMÉTRICOS/EXPLORATÓRIOS



4.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOQUÍMICOS

Os dados geoquímicos do Projeto Brusque-Botuverá, disponibilizados pela CPRM, em forma de um banco de dados em *Access*, com as coordenadas UTM de cada ponto e os teores distribuídos nas colunas do arquivo como variáveis, foram tratados por Caldasso *et al.* (1995), de forma agrupada para as Folhas Botuverá e Brusque. Na presente pesquisa foram tratadas apenas as amostras relativas a área de estudo, com o objetivo de verificar se há relação entre os elementos analisados com as ocorrências de ouro conhecidas e com as demais variáveis a serem integradas.

Este arquivo foi exportado para o formato de planilha *xls* do programa *Excel*, para ser editado e posteriormente inserido e analisado no programa *Statistics*, onde foram calculadas as estatísticas básicas (média, desvio, mediana, moda e coeficiente de variação) de cada elemento para definição de anomalias de primeira, segunda e terceira ordens (Tabela 08).

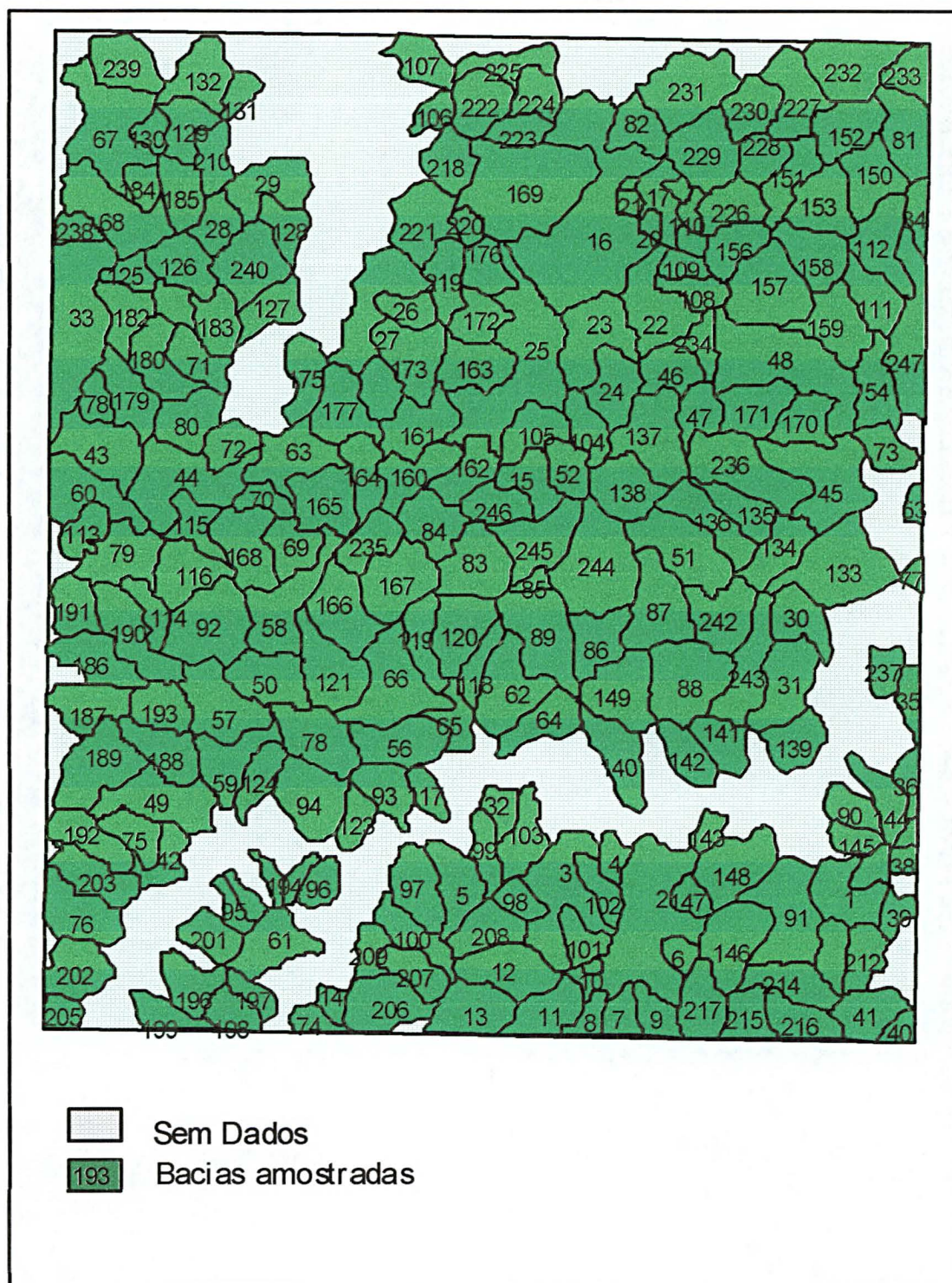
As amostras foram inseridas no programa *ArcView* 3.0 como temas (tipologia de ponto), associadas a tabela de teores, e visualizadas sobre os temas (malha de drenagem e curvas de nível), para verificação das áreas de influência e delimitação das respectivas bacias de amostragem (Figura 77). Em seguida as amostras (pontos) foram relacionadas a estas bacias (áreas), no total de 242, e os atributos de teores foram a elas agrupadas através da ferramenta *join*. Desta forma, foi facilitada qualquer pesquisa e seleção de bacias por elemento e teor através da ferramenta *query* de pesquisa no banco de dados espacial.

Muitos dos elementos analisados para as amostras de sedimentos de corrente não foram detectados ou resultaram em teores abaixo do limite de detecção, ou seja, sem possibilidade de utilização. Outro problema encontrado foi a distribuição irregular dos dados, devido a metodologia empregada pelo PLGB, a qual determinou o tipo de análise química e os elementos dosados em grupos, de acordo com as unidades geológicas da área, como por exemplo o elemento arsênio que não foi analisado para as amostras localizadas nos granitóides.

Diante de tal quadro, foram tratados apenas os elementos As (Figura 78) e Ag (Figura 79) das amostras de sedimentos de corrente. O ouro, objetivo da pesquisa, não foi detectado pelos métodos analíticos de absorção atômica, sendo

analisados apenas as pintas determinadas por análises de concentrados de bateia.

FIGURA 77 – MAPA DE BACIAS AMOSTRADAS POR SEDIMENTOS DE CORRENTE



A determinação das anomalias foi realizada através de 1, 2 e 3 desvios padrão em relação as médias, considerando as populações com distribuições

normais e comparadas com as de Caldasso *et al.* (1995), os quais consideraram as distribuições como *log* normal.

TABELA 08 – ESTATÍSTICA BÁSICA DE ARSÊNIO ANALISADO POR GERAÇÃO DE HIDRETOS, DE PRATA POR ABSORÇÃO ATÔMICA/ÁCIDO NÍTRICO, E PINTAS DE OURO

ELEMENTOS	ESTATÍSTICA										
	Amostras	Média	Mediana	Min.	Max.	Variância	Desvio padrão	CV (s/X)	X+1s	X+2s	X+3s
AS	386	5,41	4,7	0,25	18	13,69	3,70	0,68	9,11	12,81	16,51
AG	30	0,25	0,2	0,6	0,4	0,01	0,1	0,41	0,36	0,46	0,57
PINTAS DE AU	121	4,83	2	0	57	67,97	8,24	1,7	13,7	21,31	29,55

Os valores de contagens de pintas de ouro em concentrados de bateia, apresentados pontualmente na Figura 07, a partir da carta metalogenética/previsional de Caldasso *et al.* (1995), aqui foram tratados como representativos de bacias da mesma forma que os dados de sedimentos de corrente (Figura 80).

Quanto à geoquímica de rocha, apenas o potássio (K_2O) foi utilizado, devido ao interesse neste elemento, como indicador de alteração hidrotermal, além da possibilidade de relacionamento com o potássio detectado pela gamaespectrometria, tendo em vista que os demais elementos foram estudados em detalhe por Caldasso *et al.* (1995). Os teores do K_2O (%) foram transformados em teores de K (%) através da relação das massas de potássio e oxigênio, para ser em comparados com este elemento obtido por gamaespectrometria.

FIGURA 78 – MAPA DE BACIAS, ANOMALIAS DE ARSÊNIO E ÁREAS FAVORÁVEIS PARA OURO

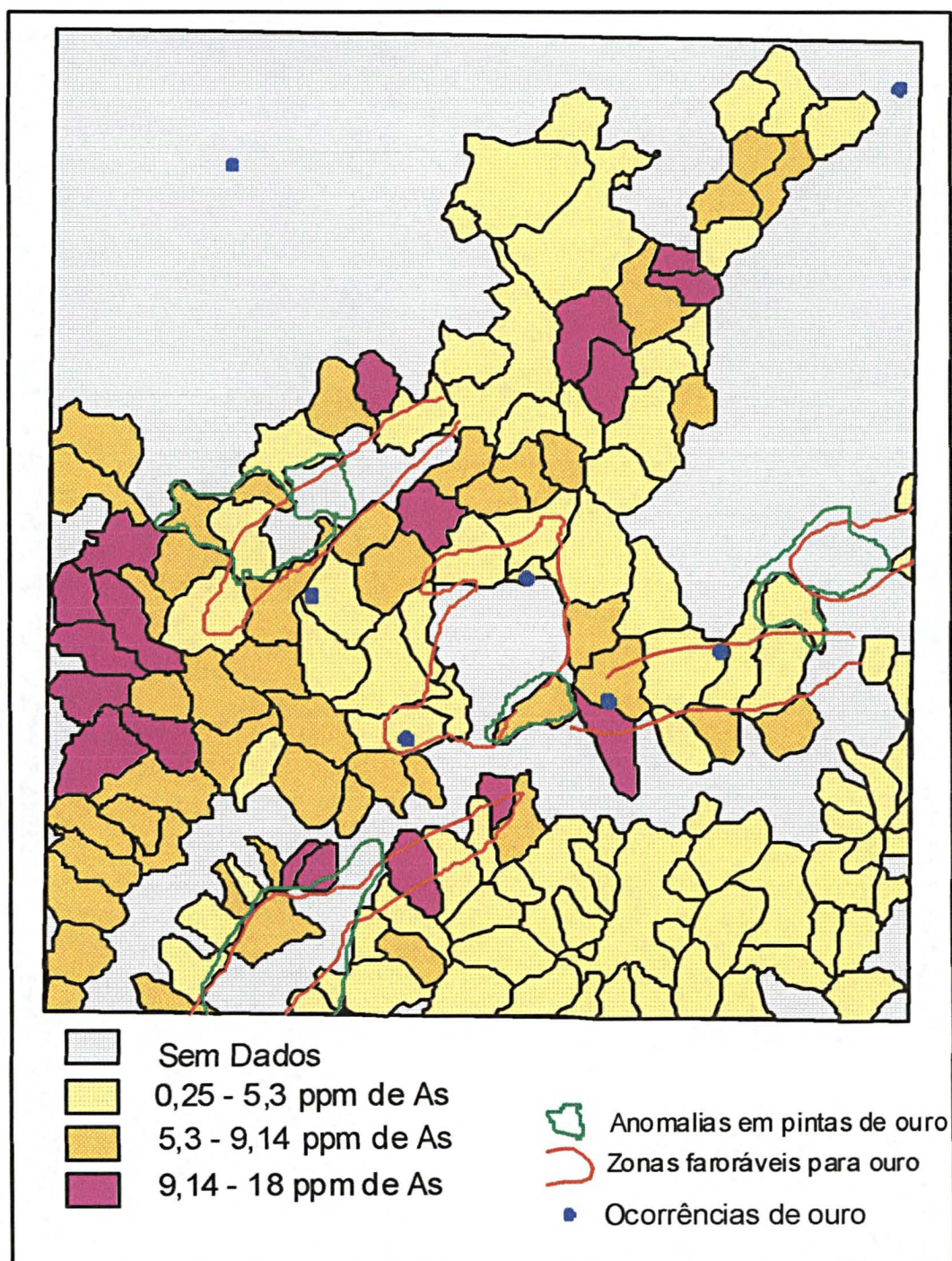


FIGURA 79 – MAPA DE BACIAS, TEORES DE PRATA E ÁREAS FAVORÁVEIS PARA OURO

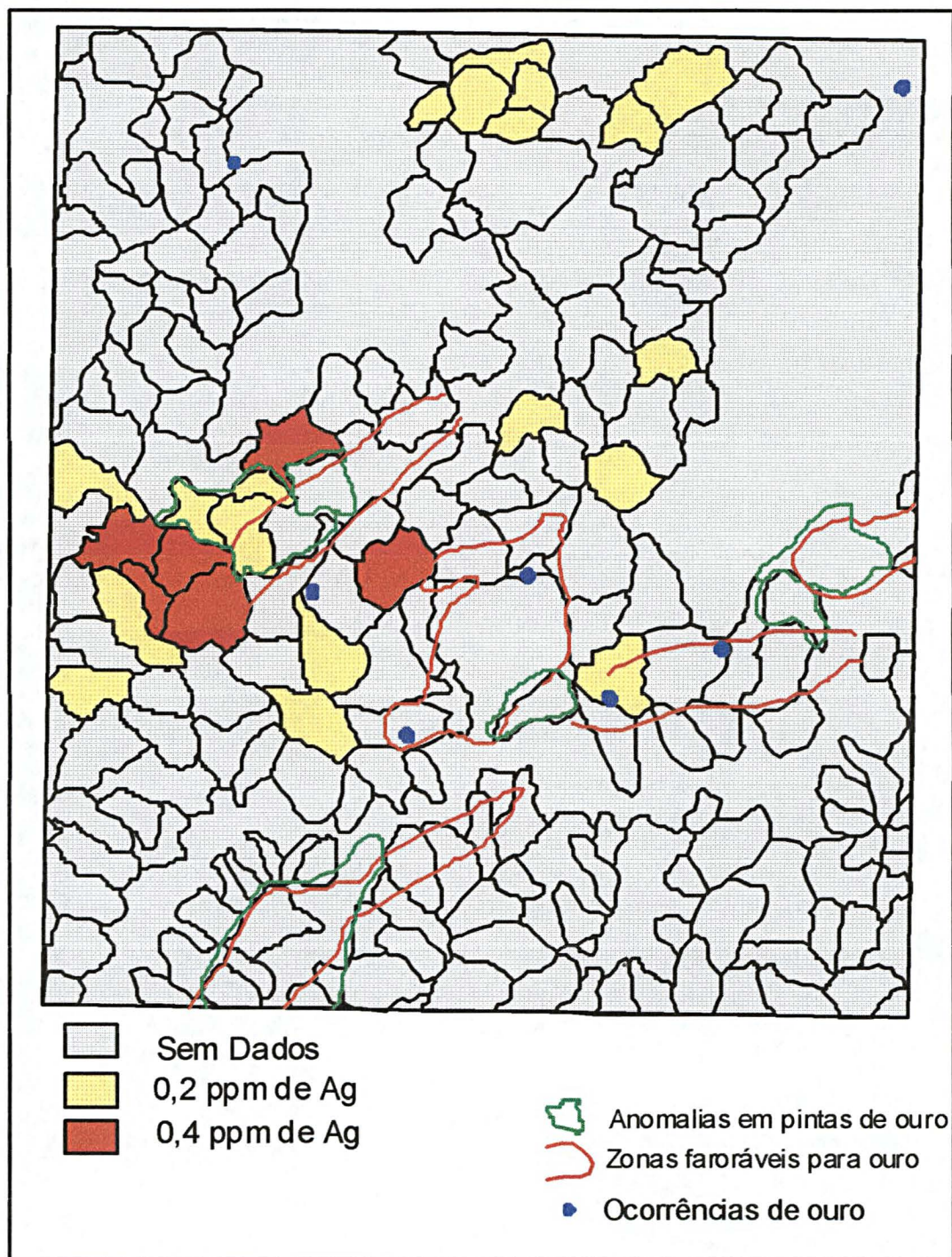
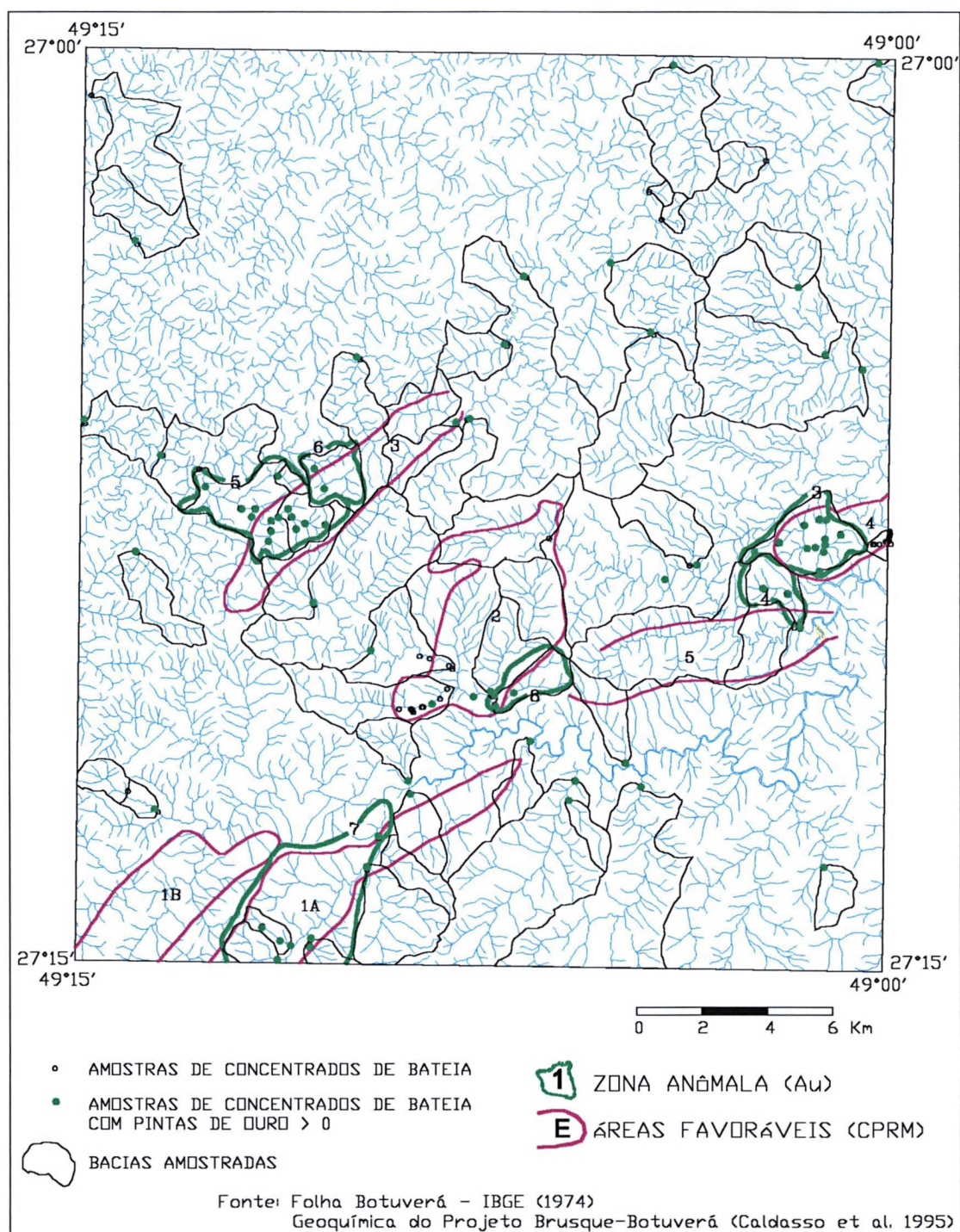


FIGURA 80 - MAPA DE BACIAS ANÔMALAS EM PINTAS DE OURO E ÁREAS FAVORÁVEIS



5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB)

Considerando que a área da ocorrência do Morro do Carneiro Branco (MCB) é a mais importante da Folha Botuverá-SC, além da maior disponibilidade de dados em relação às demais ocorrências, esta foi escolhida para a caracterização de detalhe. Foram tratados alguns dados geológicos, geoquímicos, estruturais e gamaespectrométricos terrestres, constituindo um conjunto mínimo de dados necessários à caracterização da ocorrência. Consistiu de um teste dos métodos de aquisição, tratamento e análise de dados gamaespectrométricos terrestres a fim de obter parâmetros prospectivos e determinar a assinatura das variáveis radiométricas. Finalmente, no último item, apresenta-se um modelo estrutural que busca explicar o MCB num contexto mais regional, envolvendo as demais ocorrências de ouro conhecidas e os alvos exploratórios propostos nesta pesquisa.

5.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Os mapas de pontos descritos e geológico digital da região do MCB (Figuras 81 e 82), foram compilados a partir dos dados analógicos fornecidos pela empresa Mineração Novo Prisma Ltda, além de algumas modificações efetuadas após o reconhecimento geológico realizado na ocorrência principal desta área. A densidade de pontos com descrição geológica (Figura 81), levantados para a geração do mapa da Figura 85, mostra que a área foi avaliada com menor detalhe em sua porção oriental. A região do MCB, localizada na borda norte do granitóide Lajeado Baixo, fácies Valsungana (Caldasso *et al.* 1995), envolve metapelitos (xistos) e metarcósios líticos pertencentes ao Complexo Brusque (Proterozóico Inferior-Médio), corpos granitóides do Proterozóico Superior e *hornfels* (Ribas, 1991).

O domínio das rochas metapelíticas agrupa sericita-xistos, sericita-quartzo xistos, micaxistos e mica-quartzo xistos (com biotita e/ou muscovita), xistos grafitosos, entre outros. Apresentam-se finamente foliados, granulação fina, às vezes bandados com intercalações submilimétricas de quartzo. O metamorfismo regional atingiu o fácies xisto verde. Os metapelitos são extremamente deformados,

dobrados e cataclasados, refletindo a forte tectônica plástica e rígida impressa à área.

FIGURA 81 -.MAPA DE PONTOS GEOLÓGICOS DA REGIÃO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB), MODIFICADO DE RIBAS (1991)

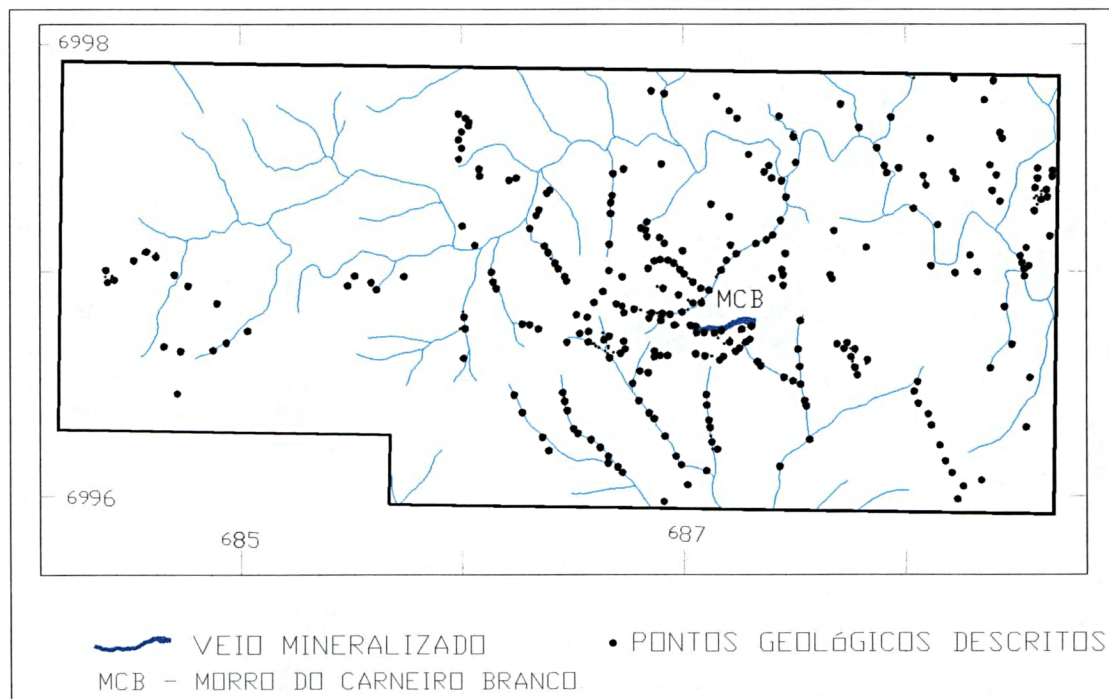
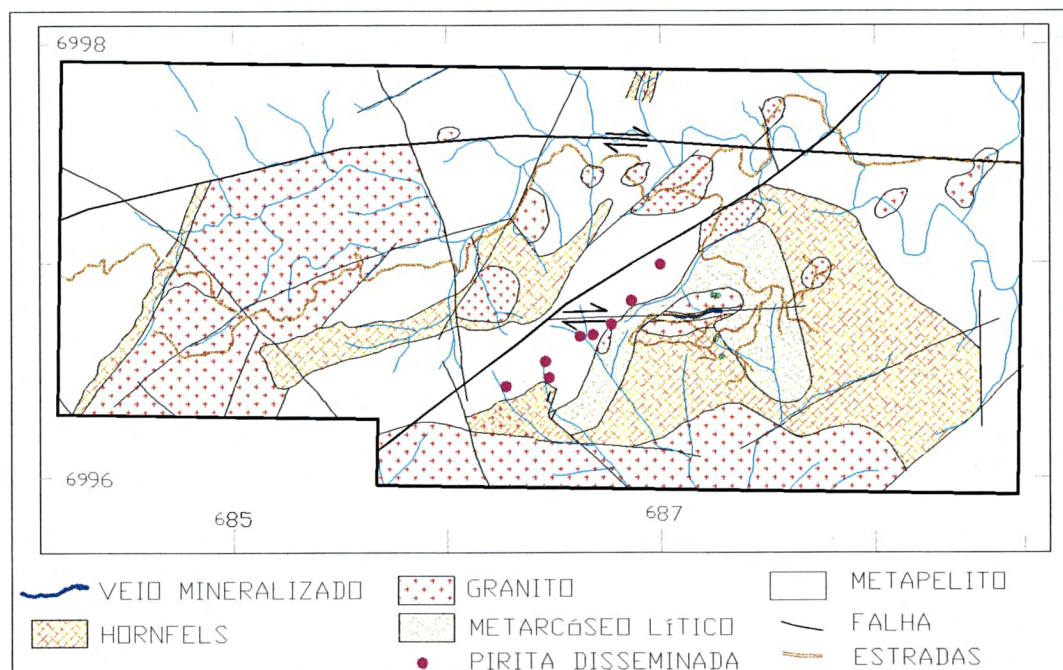


FIGURA 82 -.MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO MODIFICADO DA REGIÃO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MBC), MODIFICADO DE RIBAS (1991)



Os metarcósios líticos constituem metassedimentos de origem detrítica de granulação grossa, com matriz rica em quartzo e fenocristais nodulares subarredondados de até 3 cm de diâmetro, além de porções ricas em clorita e outras em biotita. Ocorrem vênulas de quartzo, possivelmente de origem hidrotermal, com 15 cm de espessura, exibindo pirita disseminada em algumas porções. Os contatos com as demais litologias são difusos e pouco nítidos, dificultando sua cartografia. Nas zonas de falha que cortam a área com direções gerais E-W e N45°E, os metapelitos exibem concentrações de óxidos de ferro disseminadas na rocha e em fraturas, além de vênulas de quartzo hidrotermal cobertas por uma película de óxido de manganês. Em alguns pontos ocorrem níveis de clorita-quartzo xistos finamente foliados, com até 20% de pirita estratiforme e disseminada, acompanhada por injeções de quartzo, às vezes com sulfeto disseminado.

Os metapelitos e metarcóseos encontram-se intensamente afetados por metamorfismo termal relacionado às intrusões graníticas presentes na área, caracterizando importantes zonas de *hornfles*. Estas, no geral, apresentam-se intensamente sericitizadas e muscovitizadas, de granulação fina a média com a xistosidade preservada e, em alguns locais, graisenizadas. Localmente atingiram o fácies anfibolito.

Quanto aos granitóides, foram identificados corpos do fácies Valsungana, o qual predomina na área, além de pequenos *stocks* alongados e arredondados atribuídos ao fácies Guabiruba (Ribas, 1991).

O granitóide Valsungana apresenta granulação predominantemente grossa e textura inequigranular porfirítica, com coloração cinza a rósea, com feldspato (microclínio) orientado de forma incipiente. Os porfiroblastos apresentam tamanho médio em torno de 2 cm, embora cristais com até 6cm tenham sido observados. Ainda de acordo com Ribas (1991), este granitóide, em uma caracterização microscópica genérica, constitui-se de uma microestrutura heteroblastica onde destacam-se os porfiroblastos de microclínio em meio a uma matriz com textura granular hipidiomórfica com granulação média de 2 a 3 mm, constituída essencialmente por plagioclásio, quartzo e clorita em algumas porções. Como minerais acessórios encontram-se opacos, alanita, apatita, e carbonato como mineral de alteração hidrotermal.

Quanto aos corpos atribuídos ao fácies Guabiruba, estes exibem coloração

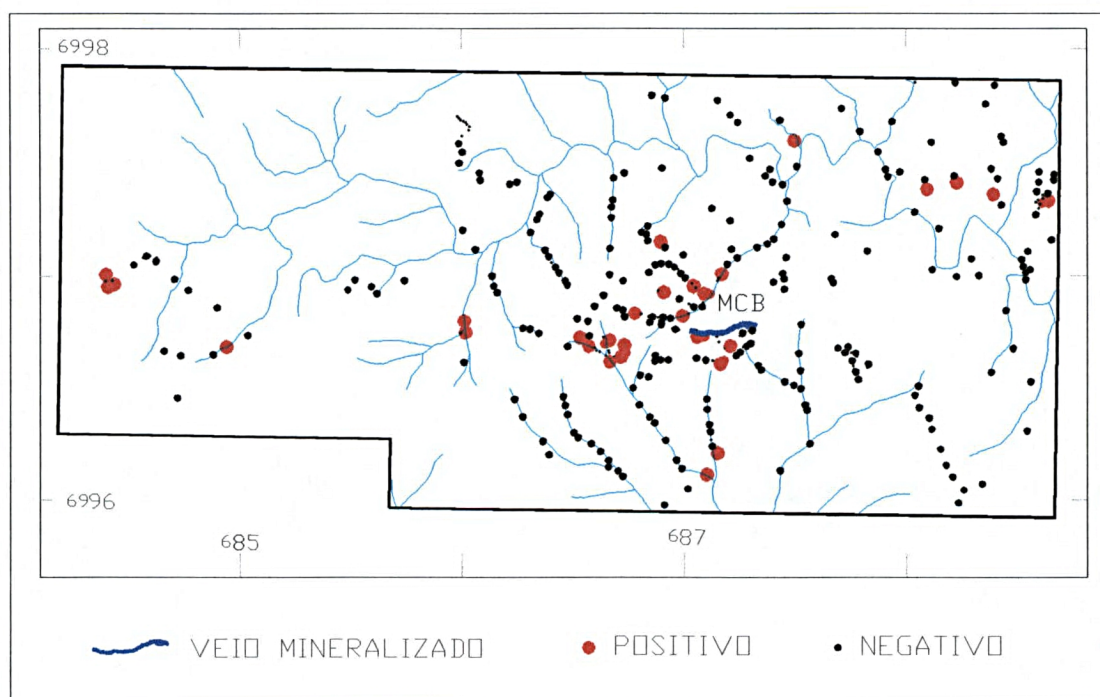
leucocrática, cinza clara, com pontuações escuras devido a minerais máficos. A textura é granular hipidiomórfica e varia de fina a média do centro para a borda dos corpos. O mineral feldspato predominante é o ortoclásio apresentando intensa pertitização.

Apresentam um fácies de bordo cataclástico, além de estruturas de fluxo, que, por vezes, mascaram as características originais da rocha. Em alguns pontos foram identificados microgranulação e aumento da triclinicidade de alguns grãos com transformação em microclínio, associados a uma fase de cataclase superimposta.

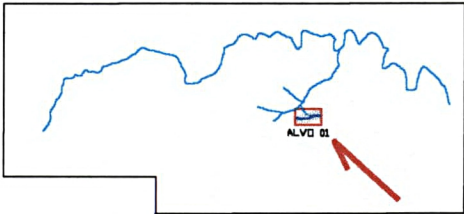
Os veios, nas zonas de cisalhamento, não se destacam na morfologia, nem em fotografias aéreas e tão pouco na imagem de satélite.

Esta região encerra, além da ocorrência principal (alvo 1) homônima, outros alvos (Figura 83), sendo apenas este abordado no presente trabalho, em função de seus teores, acesso e qualidade do afloramento *Davi's pit* (Figura 84), além dos dados fornecidos pelas empresas que o investigaram. Na figura citada acima pode ser visualizada a zona de veios coberta por uma malha de geoquímica de solo, amostrada para ouro e prata, além da posição dos canais de amostragem em rocha e o afloramento *Davi's pit* (Foto 02).

FIGURA 83 - MAPA DE AMOSTRAGEM DE OURO EM ROCHA



CARNEIO BRANCO (MCB)



A referida ocorrência (MCB) é definida por um conjunto de veios de quartzo sulfetados, dispostos segundo uma zona de cisalhamento com direção geral N75°-85°W, a qual intercepta um pequeno corpo granitóide classificado como micro-monzonito, através de estudo petrográfico preliminar (Vasconcellos, 1999), compatível com o fácies Valsungana de Caldasso *et al.* (1995). Esta rocha apresenta feições de alteração hidrotermal, caracterizada por uma intensa sericitização dos feldspatos potássicos.

Nesta zona de cisalhamento os veios estão encaixados em um pacote delgado, deformado e concordante de clorita-biotita-muscovita-quartzo xistos e muscovita-quartzo xistos (Fotos 03 e 04), classificados como milonitos, onde observa-se os planos de foliação SS entre os planos de transposição SC, indicando movimento lateral direito, reafirmando a descrição de Caldasso *et al.* (1995).

A espessura média dos veios mineralizados é de 2 metros, podendo atingir até 4,5 m, com mergulho de 45° para sul. Aflorando por 200 m, exibem teores médios de 6 g/t de ouro, atingindo pontualmente até 17g/t e 15g/t de prata, além de cobre e arsênio em menores proporções, através de amostragens de rocha em canais, conforme informações da Gold Standard Minas S.A. (Tabela 09). Esta amostragem foi realizada no afloramento Davi's *pit* em um corte próximo a ele (Figura 85).

FOTO 02 - DETALHE DO AFLORAMENTO *DAVI'S PIT* DA OCORRÊNCIA DO MCB

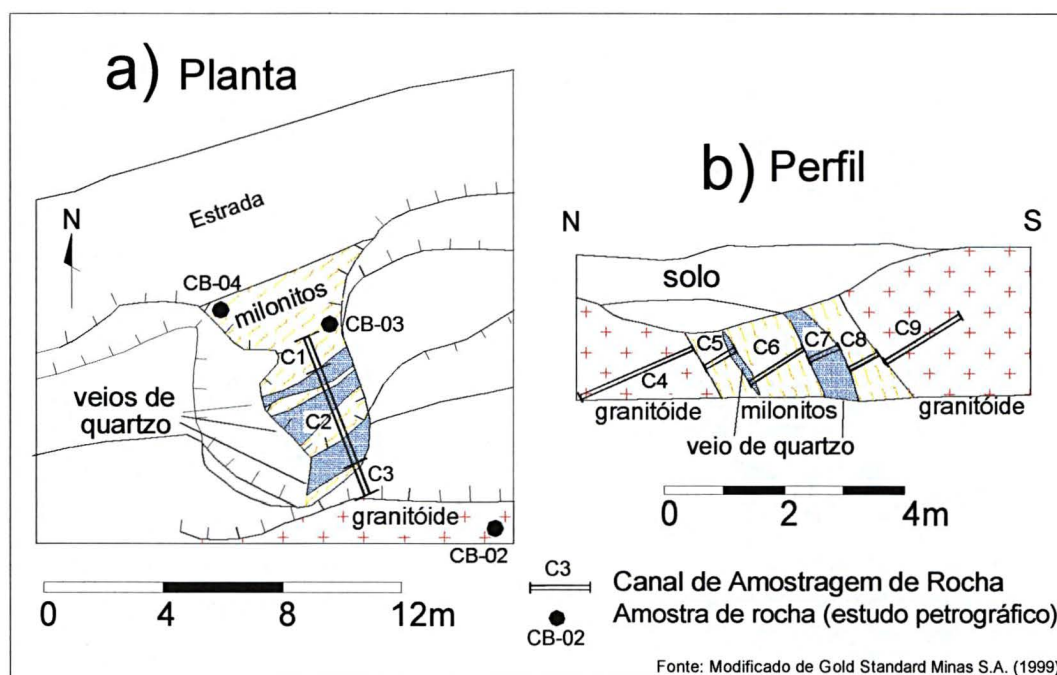
FOTO 03 - VISTA DO VEIO DE QUARTZO DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DO MCB, ONDE A ESPESSURA NÃO UTRAPASSA 1M



FOTO 04 - DETALHE DO VEIO DE QUARTZO E DOS MILONITOS DA ZONA DE CISALHAMENTO DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DO MCB



FIGURA 85 – CROQUIS DE AMOSTRAGEM DE CANAIS NOS VEIOS DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DE OURO DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB)



Apesar da pequena quantidade de amostras com análises geoquímicas mais detalhadas, ICP para 34 elementos e ouro, foi possível constatar um enriquecimento em potássio nos milonitos, conforme verificado nas amostras C1(3,6%); C3 (3,0%); C5 (3,7%), C6 (2,9%) e C8 (2,7%), na zona de cisalhamento, enquanto nos granitóides hidrotermalizados, as amostras C4 e C9 apresentaram menores teores, 1,9% e 2,6% respectivamente. As amostras C2 e C7 apresentaram também baixos teores, 1,1% e 1,2% respectivamente, em função da amostragem nos veios de quartzo. O ouro e a prata restringem-se à zona de cisalhamento, com exceção deste último que também ocorre na amostra C4, com 4,1 ppm.

As amostras analisadas através de seções delgadas revelaram intensa sericitização, tanto nos milonitos da zona de cisalhamento quanto nos granitóides encaixantes.

TABELA 09 - RESULTADOS ANALÍTICOS DE ROCHA COLETADAS EM CANAIS (C-1 A C-9, FIGURA 85) PERPENDICULARES A ZONA DE VEIOS DA OCORRÊNCIA DO MORRO DO CARNEIRO BRANCO (MCB)

Amostras de Canal									
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
Elemento	milonito	veios	milonito	veios	milonito	veios	veios	milonito	veios
Au (ppb)	1003	17220	1390	28	8	15	170	5	5
Ag (ppm)	< 3	15	< 3	4.1	< 3	< 3	3.5	< 3	< 3
Al (%)	6.3	4.1	5.9	7.3	6.7	6.5	4.8	6.3	6.3
As (ppm)	43	32	< 8	8.2	16	< 8	< 8	< 8	16
Ba (ppm)	806	305	920	702	1172	1436	968	1538	1144
Be (ppm)	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Bi (ppm)	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Ca (%)	< 0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	< 0.01	< 0.01	0.02
Cd (ppm)	5.6	3.9	4.8	4.2	4.9	5.5	3.5	3.7	6.7
Co (ppm)	26	< 8	34	59	40	36	91	26	73
Cr (ppm)	140	90	171	310	202	245	109	135	188
Cu (ppm)	83	106	48	274	147	88	121	79	64
Fe (%)	6.0	4.8	5.2	7.1	5.4	6	3.9	4.6	6.3
K (%)	3,6	1.1	3.0	1.9	3.7	2.9	1.2	2.7	2.6
Li (ppm)	10	4	14	0.55	0.49	0.70	0.22	0.48	1.2
Mg (%)	0.22	0.07	0.3	0.55	0.49	0.70	0.22	0.48	1.2
Mn (%)	0.06	< 0.01	0.09	0.22	0.09	0.26	0.73	0.12	0.31
Mo (ppm)	6.7	9.7	3.3	< 3	7	3.7	13	5.9	5.1
Na (%)	0.2	0.06	0.11	0.11	0.14	0.42	0.05	0.08	0.07
Ni (ppm)	44	39	50	170	66	105	98	98	119
P (%)	0.09	0.05	0.08	0.11	0.07	0.10	0.05	0.05	0.06
Pb (ppm)	336	442	156	377	90	94	136	70	103
Sb (ppm)	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Sc (ppm)	19	5.9	16	15	18	16	5.4	13	15
Sn (ppm)	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Sr (ppm)	44	14	39	20	29	47	19	20	22
Ti (%)	0.48	0.15	0.41	0.4	0.41	0.35	0.13	0.27	0.65
V (ppm)	138	50	116	147	132	116	54	96	138
W (ppm)	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Y (ppm)	11	5	16	29	40	66	30	62	51
Zn (ppm)	53	22	52	223	106	244	109	123	215
Zr (ppm)	80	31	123	199	125	141	60	153	175

Obs. Métodos *Fire Assay*/Absorção atômica para ouro e digestão multiácida/ICP para os demais elementos.

Fonte: Gold Standard Minas S.A. (1999), analisado pelo laboratório Lakefield/Geosol Ltda.

5.2 CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA

Quatro seções delgadas foram analisadas para a caracterização da ocorrência, duas de granitóides encaixantes, amostras CB-01 e CB-02 estudadas anteriormente por Vasconcellos (1999), e duas da zona de cisalhamento, amostras CB-03 e CB-04, confeccionadas durante a pesquisa.

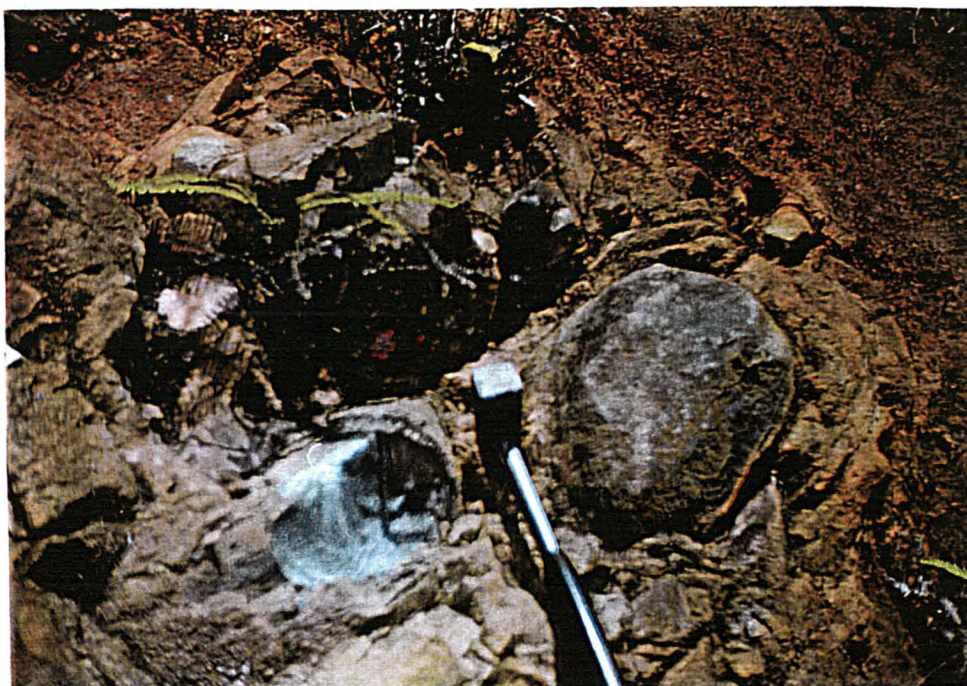
Os granitóides foram classificados pelo referido autor como micro-sienito hidrotermalizado (CB-01) e micro-monzogranito hidrotermalizado (CB-02).

O micro-sienito hidrotermalizado exibe uma coloração rósea-esbranquiçada, granulação média, formada principalmente por feldspato alcalino de coloração rósea ou branca, anédricos a subédricos, com alteração moderada para argilo-minerais. O quartzo é anédrico e de granulação fina, intersticial aos feldspatos, enquanto os anfibólios são subédricos, além de agregados de biotita e muscovita. A rocha possui textura eqüigranular média e estrutura maciça. A alteração é moderada a intensa, com percolação de óxidos de ferro, formando uma capa de coloração ocre e argilização dos feldspatos, de coloração esbranquiçada. Em seção delgada (Fotomicrografia 01a,b,c), apresenta textura reliquiar eqüigranular média e estrutura maciça. Ocorrem microfissuras nos cristais maiores de microclínio, o qual perfaz 25% da amostra, e a alteração hidrotermal é caracterizada pela intensa sericitização dos feldspatos e moderada argilização dos minerais da matriz. Alguns cristais de Plagioclásio intersticiais aos micoclínios encontram-se totalmente substituídos por sericita (Fotomicrografia 01a), dificultando sua identificação e quantificação em lamina. A sericita compõe cerca de 20% da amostra constituindo sua matriz enquanto a biotita, que perfaz 15% da amostra, ocorre em cristais médios, subédricos geralmente associados à actinolita, formando agregados ou à clorita (5%) e opacos. Os anfibólios foram identificados como hornblenda e actinolita (Fotomicrografia 01b), cada um constituindo 10% da amostra, este último constitui cristais finos a médios, geralmente formando agregados associados à biotita, clorita e a hornblenda, sendo esta última considerada reliquiar. O quartzo, com 10%, ocorre em cristais isolados, envolvidos pela matriz sericítica ou nos agregados de microclínio, são anédricos e possuem extinção ondulante por vezes recristalizados. Cristais granulares finos de epidoto distribuem-se em 5% da amostra, associados à sericita da matriz ou em nódulos junto à actinolita. Foram identificados ainda traços

de allanita como inclusões em anfibólios e titanita como inclusões em microclínio, e também em cristais isolados e envolvidos pela matriz (Fotomicrografia 01c).

O micro-monzogranito hidrotermalizado (Vasconcellos, 1999) , amostra CB-02, localiza-se na capa do veio mineralizado, próximo à zona de milonitos (Figura 85), apresenta coloração cinza escuro (Foto 05), granulação fina, constituída por feldspato alcalino róseo a esverdeado, anédricos, formando em algumas porções da rocha agregados com tonalidades róseas mais intensas ou em vênulas finas. Os cristais de anfibólios são finos e anédricos, enquanto a biotita apresenta-se na forma de cristais subédricos finos. Traços de sulfetos de coloração prateada ocorrem em cristais finos associados aos cristais de hornblenda e actinolita. A rocha possui textura reliquiar equigranular média e estrutura maciça. Em seção delgada foram identificados os seguintes minerais e suas respectivas percentagens: hornblenda (20%, Fotomicrografia 02a); actinolita (15%, Fotomicrografia 02b), quartzo (15%), sericita (15%), microclínio (10%), biotita (10%), oligoclásio (05%), clorita (05%), epidoto (05%) e traços de carbonatos, allanita, titanita, zircão, apatita e opacos (Fotomicrografia 02c). A alteração hidrotermal é caracterizada pela intensa sericitização dos feldspatos, microclínio e oligoclásio que associados ao quartzo compõem a matriz da rocha.

FOTO 05 - DETALHE DO GRANITÓIDE (MICRO-MONZOGRANITO HIDROTHERMALIZADO), AMOSTRA CB-02, ENCAIXANTE DA PRINCIPAL OCORRÊNCIA DO MCB, O QUAL FOI ESTUDADO ATRAVÉS DE SEÇÃO DELGADA



FOTOMICROGRAFIA 01– MICRO-SIENITO HIDROTERMALIZADO (LÂMINA CB-01)



(a) cristal de feldspato no centro, substituído por sericita em lamelas. (Nicóis X)

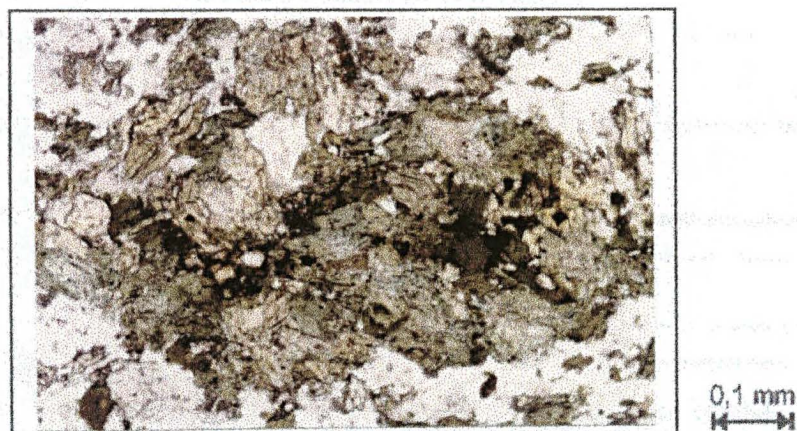


(b) agregado constituído por actinilita (verde mais claro) hornblenda (castanho) e biotita, envolvido por feldspatos (Nicóis //)

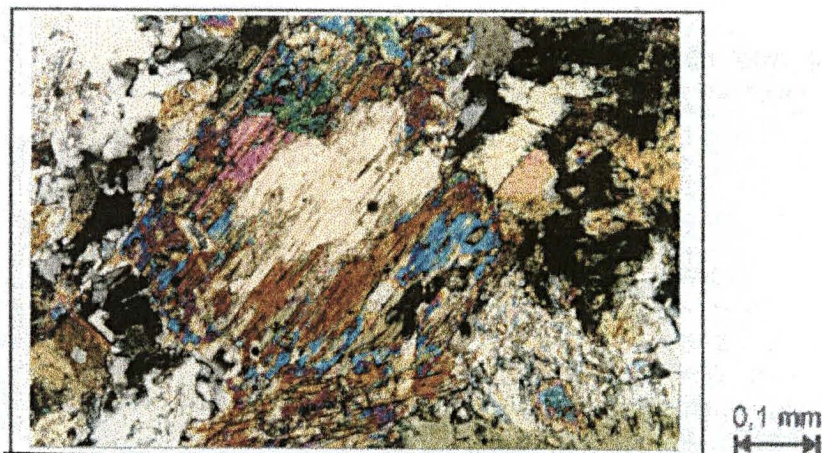


(c) cristais de allanita (amarelo) e titanita (castanho escuro) envolvidos pela matriz sericítica. (Nicóis //)

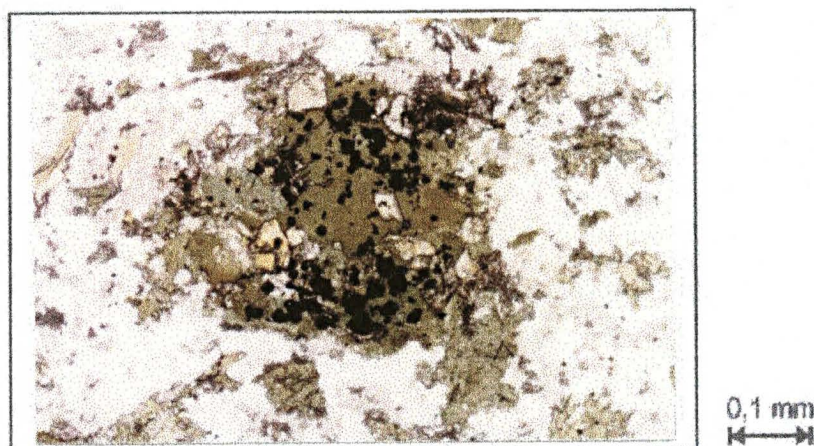
FOTOMICROGRAFIA 02 - MICRO-MONZOGRANITO HIDROTERMALIZADO LÂMINA (CB-02)



(a) nódulos formados por hornblenda (verde escuro), actinolita (verde claro) e epidoto (granulares incolores). (Nicolóis //)



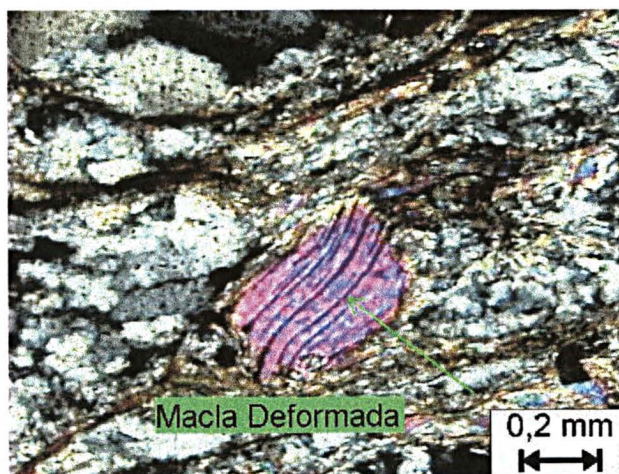
(b) cristal zonado de actinolita com carbonato ao centro. (Nicolóis X).



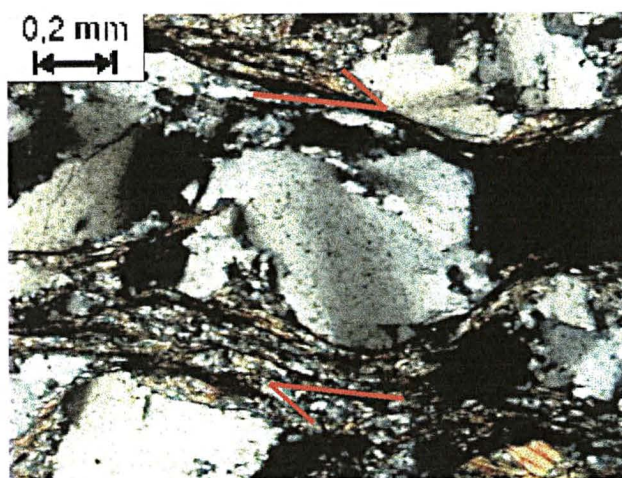
(c) cristal de hornblenda (ao centro) associado a minerais opacos e epidoto. (Nicolóis //).

A zona de cisalhamento junto aos veios mineralizados apresenta uma rocha de coloração castanha clara, amostra CB-03, de granulação fina a média, formada principalmente por quartzo e sericita, classificada inicialmente como sericita-xisto, e posteriormente em seção delgada como milonito. Apresenta duas foliações marcantes subparalelas, sendo a segunda de caráter anastomosado, onde observa-se os pares de deformação SS e SC, além de feições de rotação e quebramento de grãos e maclas deformadas (*mica fish*) (Fotomicrografia 03a).

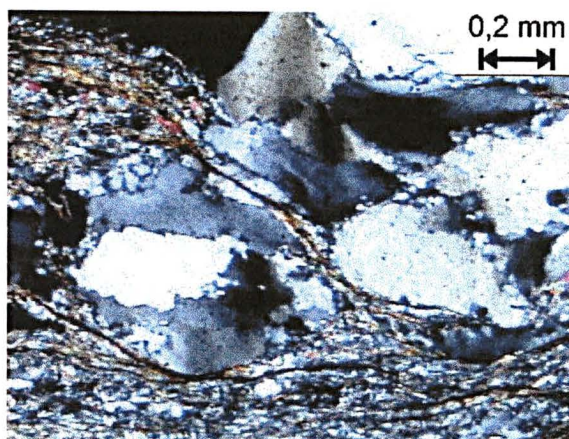
FOTOMICROGRAFIA 03 - MILONITO (LÂMINA CB-03)



a) Macla deformada no centro, e intensa milonitização marcada pela foliação (Sn+1). (Nicolis X)



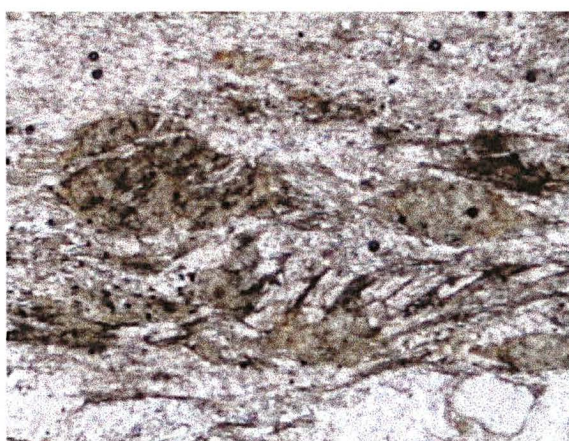
b) Grão deformado no centro, com rotação dextral, sombra de pressão, quebramento e cominuição. (Nicolis X)



c) Deformação intensa marcada por estiramento de grão de quartzo e micas dispostas ao longo do par SS e SC. (Nicóis X)

A amostra CB-04 é uma rocha de coloração cinza esverdeada, composta de quartzo, anfibólio e sericita, com a mesma composição mineralógica da amostra anterior, classificada como xisto e posteriormente como milonito (Fotomicrografia 04). Em ambas as amostras foram observadas feições de estiramento, cominuição e recristalização de grãos, definindo planos SS e SC, evidentes também em amostras de mão e afloramentos.

FOTOMICROGRAFIA 04 – MILONITO (LÂMINA CB-04)



a) cristais de actinolita deformados e estirados ao longo da foliação S_{n+1} , nota-se também a presença do par de estruturas SS e SC, com indicação sinemática dextral. (Nicóis //)

5.3 CARACTERIZAÇÃO GAMAESPECTROMÉTRICA TERRESTRE

O levantamento geofísico terrestre foi realizado através de um gamaespectrômetro de 512 canais (GS-512, fabricado pela Scintrex/Geofísica), de propriedade do LPGA/UFPR, procedendo-se leituras em 160 pontos, espaçadas de 50 m e 25 m ao longo dos acessos existentes (Figura 86; Foto 06), incluindo 8 determinações nas encaixantes imediatas dos veios quartzo-auríferos, onde se dispunha de dados geoquímicos de amostras de canal (Figura 87; Foto 07).

As leituras gamaespectrométricas foram tomadas em contagens por segundo (cps) e automaticamente transformadas em concentrações de K (%) e de eU e eTh em ppm, através de procedimento de calibração realizado no Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Os resultados finais são apresentados após a remoção do *background* atmosférico para cada canal, ou seja: K(%) = 0; U (ppm) = 0.1 e Th (ppm) = 1.8, realizada sobre lâmina d'água superior a 2 m.

FIGURA 86 - MAPA DE PONTOS DO LEVANTAMENTO GAMAESPECTROMÉTRICO TERRESTRE

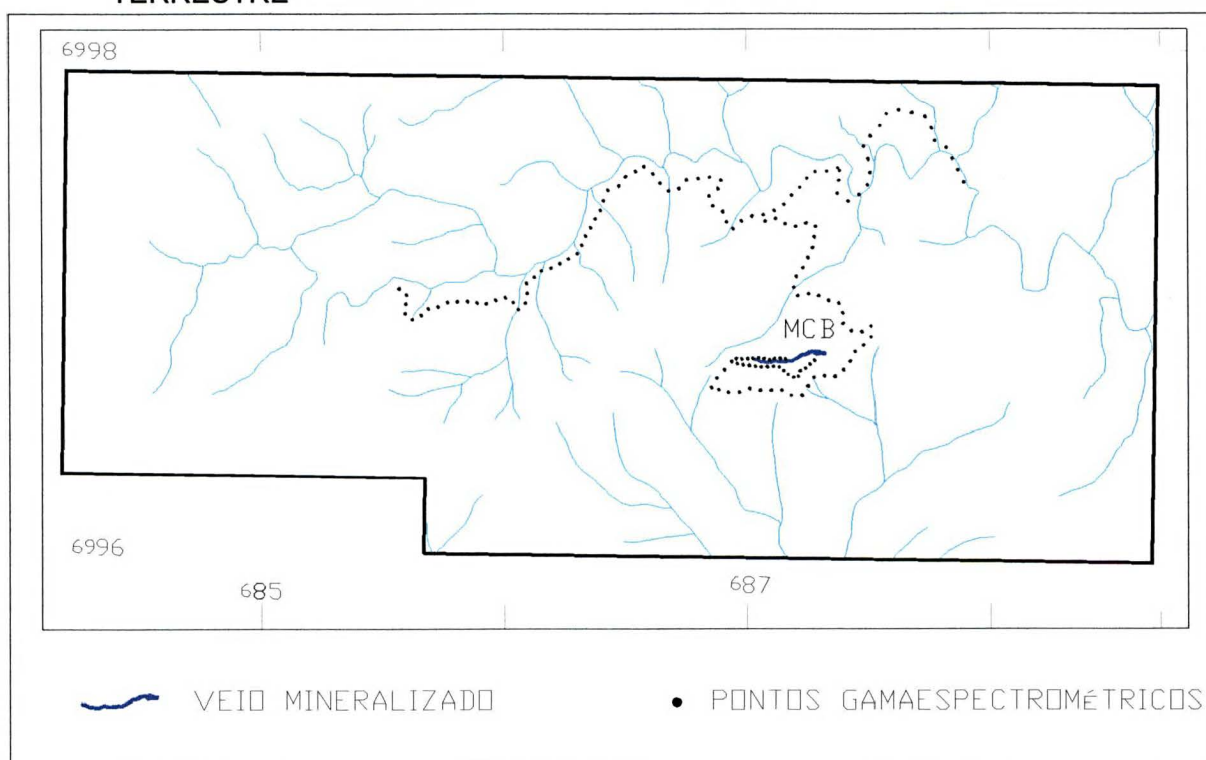


FOTO 06 - ESTRADA FECHADA PELA VEGETAÇÃO DENSE, ONDE FOI REALIZADO O LEVANTAMENTO GAMAESPECTROMÉTRICO TERRESTRE NA REGIÃO DO MCB



FOTO 07 - PONTO DE LEITURA GAMAESPECTROMÉTRICA NA ZONA DE CISALHAMENTO (MILONITO), ENCAIXANTE DOS VEIOS MINERALIZADOS DA OCORRÊNCIA DO MCB, DAVI'S PIT



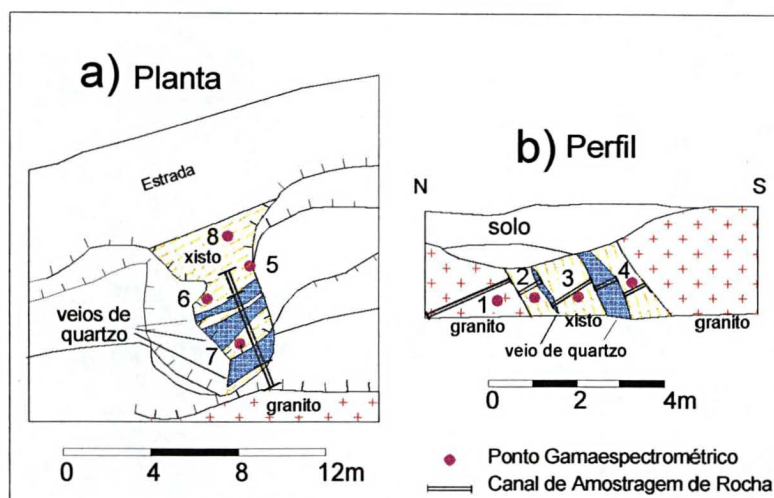
Além dos dados destes três canais, foram geradas novas variáveis através de cálculos envolvendo as razões U/Th, Th/K e U/K e o parâmetro $F = K \cdot U / Th$, cujas estatísticas básicas, (média - \bar{x} , desvio padrão - s , valores mínimo e máximo e coeficiente de variação - CV), podem ser visualizadas na Tabela 10. Nota-se que o coeficiente de variação, $CV = s/\bar{x}$, de todas as variáveis, é menor que 1, admitindo-se uma distribuição normal para o conjunto de dados e para as anomalias determinadas pelas médias mais um e mais dois desvios padrão.

TABELA 10 – ESTATÍSTICA BÁSICA DAS VARIÁVEIS GAMAESPECTROMÉTRICAS TERRESTRES E DETERMINAÇÃO DE ANOMALIAS

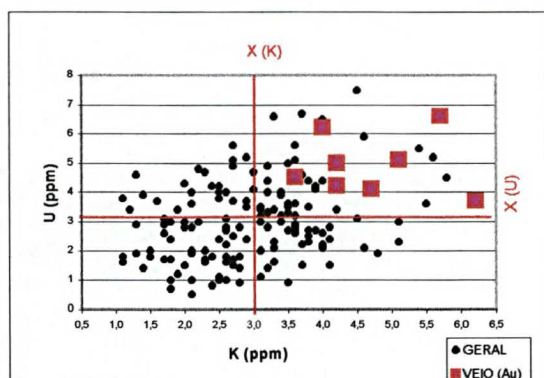
Variável	Estatística					ANOMALIAS	
	\bar{x}	s	Min	Max	CV	$\bar{x}+1s$	$\bar{x}+2s$
K	3,08	1,04	1,1	6,2	0,34	4,12	5,16
U	3,20	1,49	0,5	9,7	0,47	4,69	6,18
TH	17,85	7,50	4,2	42,3	0,42	25,35	32,85
F	0,59	0,32	0,11	1,737	0,54	0,91	1,23
U/Th	0,19	0,08	0,05	0,47	0,41	0,27	0,35
TH/K	6,25	2,97	2,19	17,64	0,47	9,22	12,19
U/K	1,12	0,60	0,24	3,54	0,53	1,72	2,32

Os resultados obtidos permitiram determinar a assinatura gamaespectrométrica da ocorrência, cuja representação em gráficos pode ser observada na Figura 88 (a, b, c), enquanto a Tabela 11 exibe os dados geofísicos e geoquímicos dos veios e de suas rochas encaixantes imediatas. Esta assinatura é caracterizada por altos teores de potássio e urânio, ambos acima da média (Figura 88a). Apesar da razão Th/K não evidenciar, claramente, para algumas amostras, um enriquecimento expressivo de K em relação ao Th (Figura 88b), este comportamento sugere que o tório também pode ter migrado, juntamente com o potássio e o urânio (Figura 88c), durante o processo hidrotermal, apesar do antagonismo entre tais elementos (Efimov, 1978 *apud* Gnojeck & Prichystal, 1985). Porém, de acordo com Dickson & Scoott (1997), este comportamento, apesar de atípico, foi verificado em algumas mineralizações deste tipo. O parâmetro F, como esperado, apresentou valores elevados nas encaixantes imediatas dos veios mineralizados (Figura 88b).

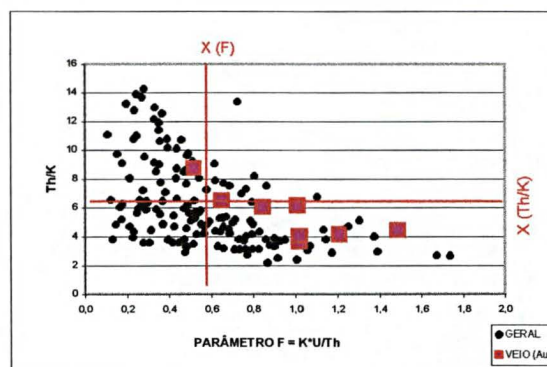
FIGURA 87 - CROQUIS DE AMOSTRAGEM DE CANAIS E DE PONTOS DE LEITURA GAMAESPECTROMÉTRICA



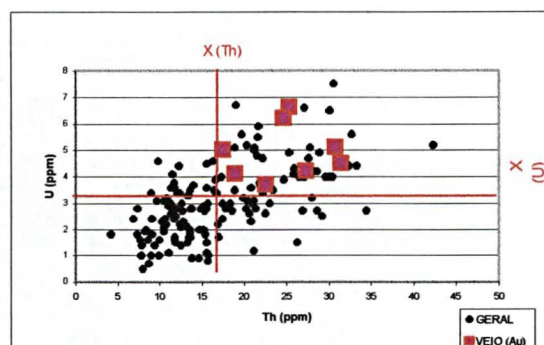
FIGURAS 88 - CORRELAÇÕES GAMAESPECTROMÉTRICAS: ENTRE AS VARIÁVEIS U e K (a); Th/K e F (b); U e Th (c) e VALORES DE K OBTIDOS POR GAMAESPECTROMETRIA TERRESTRE E ANÁLISES QUÍMICAS



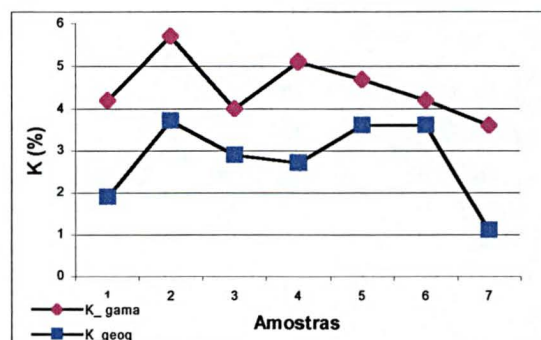
a) correlação entre U e K



b) correlação entre Th/K e F



c) correlação entre U e Th



d) comparação entre os teores de K obtidos por gamaespectrometria e análise química

TABELA 11 – RESULTADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS E GEOQUÍMICOS DE CANAIS DO VEIO E ENCAIXANTES DO MCB

	GAMAESPECTROMETRIA							GEOQUÍMICA		
	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	Th/K	U/K	U/Th	F (%)	K %	Au (ppb)	Ag (ppm)
1	4,2	4,2	27,2	6,48	1	0,15	0,65	1,9	28	4,1
2	5,7	6,6	25,3	4,44	1,16	0,26	1,49	3,7	8	1,5
3	4	6,2	24,6	6,15	1,55	0,25	1,0	2,9	15	1,5
4	5,1	5,1	30,7	6,02	1	0,17	0,85	2,7	5	1,5
5	4,7	4,1	18,9	4,02	0,87	0,22	1,02	3,6	1003	1,5
6	4,2	5	17,4	4,14	1,19	0,29	1,21	3,6	1003	1,5
7	3,6	4,5	31,4	8,72	1,25	0,14	0,5	1,1	17220	15
8	6,2	3,7	22,5	3,63	0,6	1,16	1,02	NÃO ANALISADO		

Os teores de K (%) obtidos por gamaespectrometria e por análises geoquímicas de amostras de canais dos veios, pelo método de digestão multiácida/ICP, mostram que há uma certa correlação qualitativa entre os métodos (Figura 88d). Os teores geoquímicos são inferiores, principalmente, porque a amostragem dos canais representa os teores médios do segmento amostrado, enquanto que as leituras radiométricas são pontuais. Estes teores elevados de potássio nos milonitos ao longo da zona de cisalhamento são condizentes com a intensa sericitização e muscovitização verificadas em campo e em seções delgadas.

As determinações gamaespectrométricas absolutas mostraram-se mais consistentes do que as determinações geoquímicas, em função da alta percentagem de sericita e muscovita verificada tanto em amostra de mão quanto em seção delgada, atingindo até 80% da rocha. Também considerou-se que a calibração do equipamento em lamina d'água resultou um valor zero para o *background* atmosférico no dia do levantamento.

Os teores gamaespectrométricos de K (%) nas rochas encaixantes milonitizadas da ocorrência são anômalos em relação às 160 amostras do levantamento e em relação ao teor médio deste elemento nas rochas granitóides (2,4%) e sedimentares ricas em K (2,6%), de acordo com Dickson & Scott (1997).

5.4 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

A caracterização estrutural da ocorrência do MCB decorreu de uma rápida avaliação de campo no afloramento *Davi's pit*, além de seu relacionamento com as estruturas regionais, as demais ocorrências de ouro próximas a ela, e novos alvos exploratórios propostos nesta pesquisa.

No referido afloramento foram determinadas algumas atitudes de planos de fraturas e foliações, além de lineações e elementos indicativos dos esforços e da cinemática envolvidos, também observados através de miroestruturas visíveis em seções delgadas (item 4.2). As fraturas presentes no afloramento estudado e na galeria 2 (Figura 89 a,b), mostram direções predominantes segundo $N75^{\circ}W$, EW e $N20^{\circ}W$. Os dados desta galeria, cuja localização pode ser verificada na Figura 84, foram obtidos de Ribas, (1991), visto que no momento está desabada e abandonada e seu acesso impossibilitado.

Neste afloramento, ainda, foram observadas três foliações, S_n , S_{n+1} (cataclástica, anastomosada de transposição) e S_{n+2} , sendo apenas as duas primeiras plotadas em estereogramas (Figura 90 a,b) em função do número de medidas. Nesta figura pode-se observar que a foliação S_n e S_{n+1} são subparalelas, com mergulhos para sul.

A foliação S_{n+2} é menos evidente que as outras duas, sendo caracterizada por uma clivagem espaçada e penetrativa cuja atitude varia pontualmente em torno da direção $156^{\circ}/42$.

A relação desta ocorrência com os demais dados, estruturas regionais de Caldasso *et al.* (1995) e morfoestrutura sigmoidal extraída do MDT (Figura 91) e imagem de satélite, além das demais ocorrências, permitiu constatar que há uma relação espacial entre as ocorrências e a referida morfoestrutura.

Esta relação é estabelecida pelas zonas de cisalhamento dextrais, as quais definem a morfoestrutura sigmoidal.

Apartir deste conjunto de feições (Figura 92a), foi concebido um modelo estrutural preliminar para a área de estudo (Figura 92b), o qual relaciona a ocorrência do MCB a um evento de cisalhamento tardi-tectônico possivelmente relacionado à fase de deformação D_3 , definida por Basei (1985) e corroborada por Caldasso *et al.* (1995). Neste Modelo, o sigma um estaria posicionado com atitude

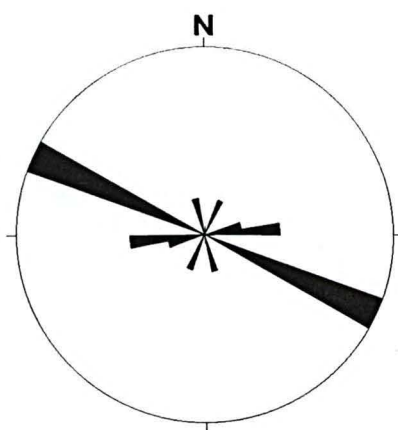
em torno do azimute 100° (Figura 92b).

De acordo com o modelo proposto as direções de abertura estariam ao longo das estruturas T e R' de Biddle (1985), ou em um campo entre as duas direções, o que explica alguns veios da ocorrência do Tigrano, com direção $N60^{\circ}W$ de acordo com o modelo da Figura 92a.

Esta dinâmica pode ter condicionado a colocação do corpo granitóide Lageado Baixo, cujo eixo maior posiciona-se na direção de dobramentos $N15^{\circ}-20^{\circ}E$ (Figura 92a,b), e a geração dos veios mineralizados nas ocorrências do MCB, Braço da Cristalina, Russo e Tigrano e Três Barras, Além dos novos alvos exploratórios propostos (Figura 91).

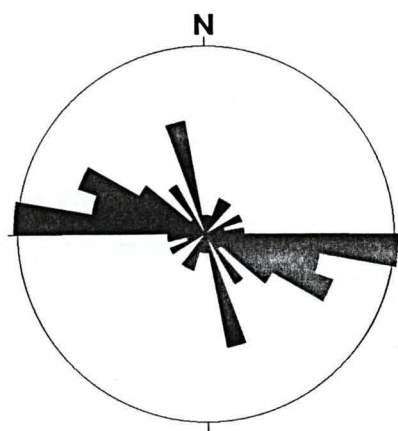
FIGURA 89 - DIAGRAMAS DE ROSETA DE PLANOS DE FRATURA, a) MEDIDAS NA ZONA DE CISALHAMENTO JUNTO AO VEIO PRINCIPAL E MILONITOS DA OCORRÊNCIA DO MCB E b) MEDIDAS NAS PAREDES DA GALERIA 1

a)



34 medidas

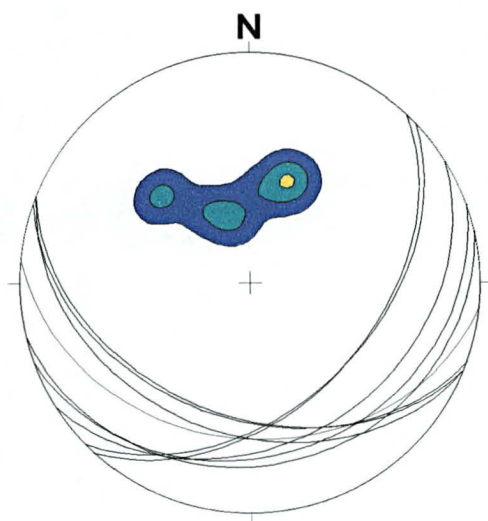
b)



88 medidas

FIGURA 90 - ESTEREOGRAMA DE SCHIMDT-LAMBERT, PROJEÇÃO HEMISFÉRIO SUPERIOR, a) DE PLANOS DA FOLIAÇÃO S_n e b) DE PLANOS DE FOLIAÇÃO S_{n+1} , MEDIDOS NOS MILONITOS DA OCORRÊNCIA DO MCB

a)



b)

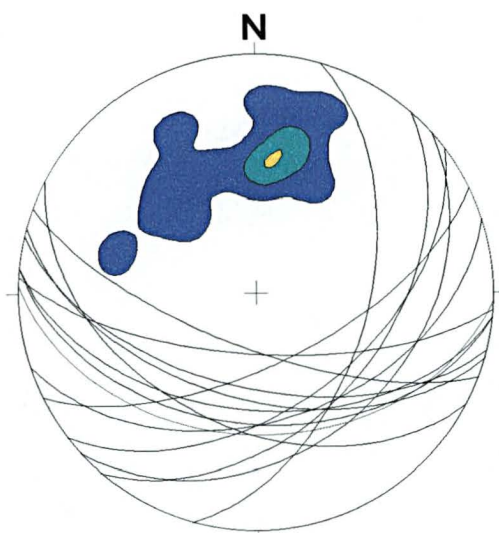


FIGURA 91 - ESTRUTURAS GEOLÓGICAS, OCORRÊNCIAS DE OURO E NOVOS ALVOS EXPLORATÓRIOS PROPOSTOS NA PRESENTE PESQUISA, SOBREPOSTAS AO MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)

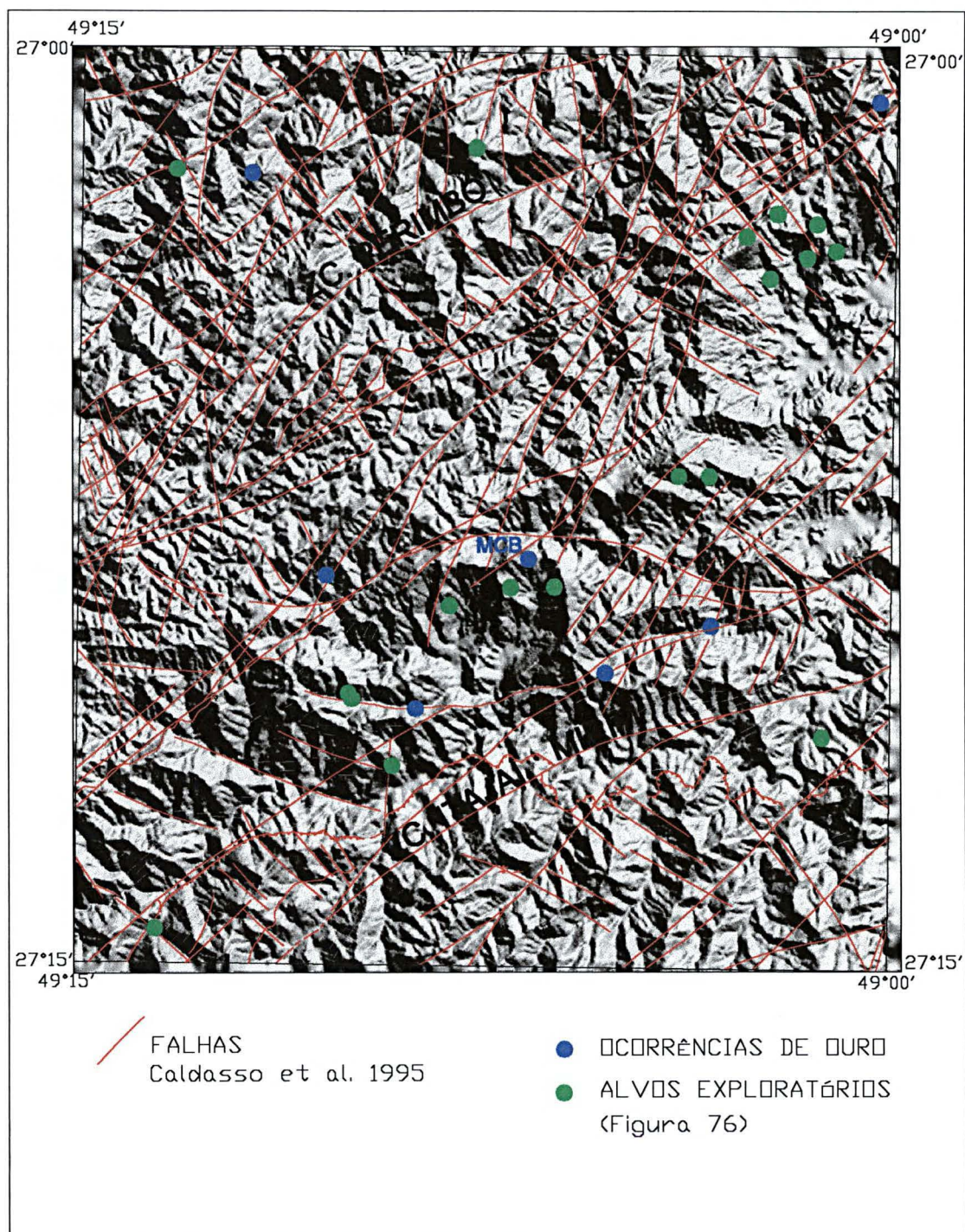
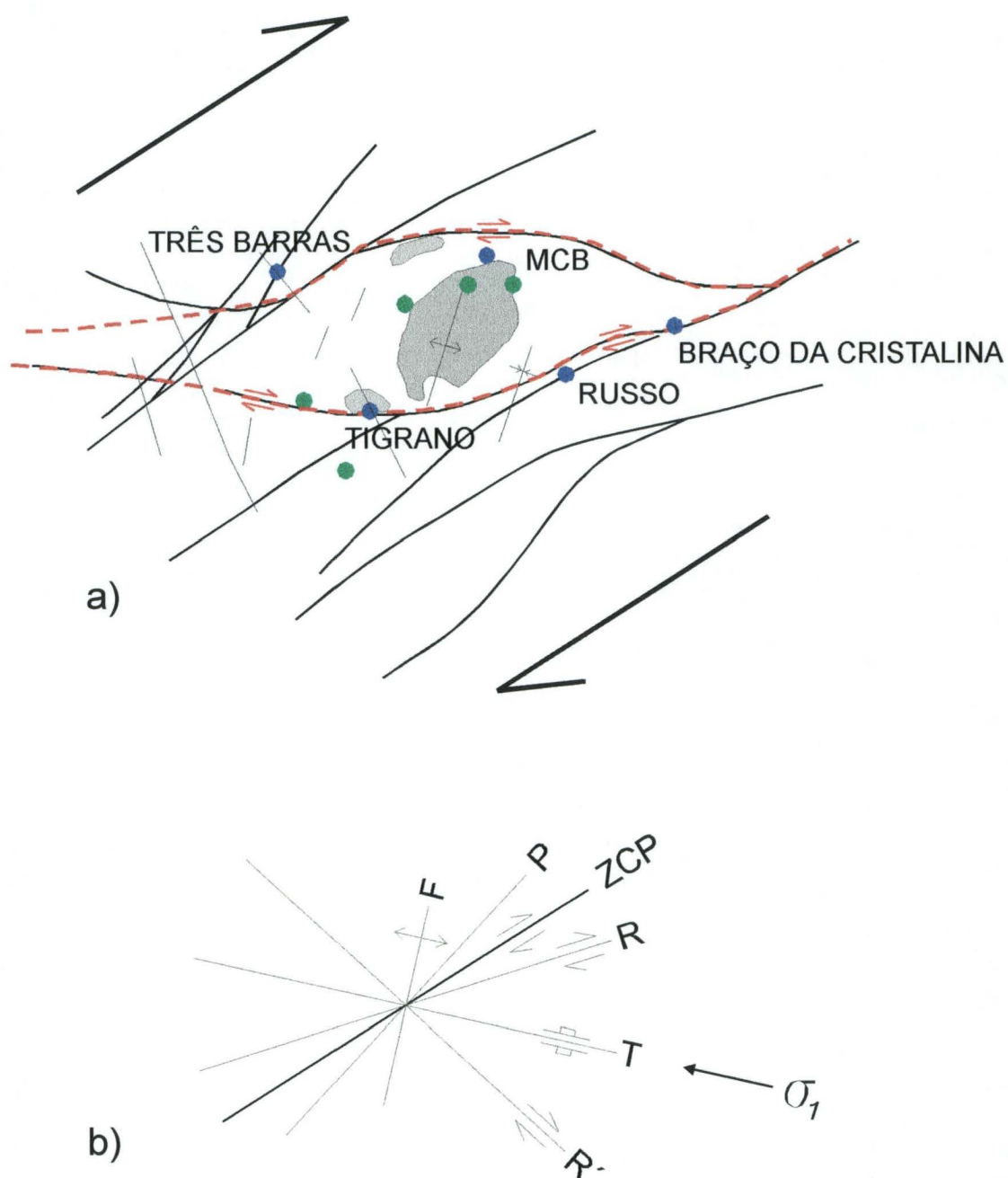


FIGURA 92 - MODELO ESTRUTURAL SINÓPTICO (a), SUGERIDO NESTA PESQUISA, INDICANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS CONHECIDAS DE OURO (●) E OS ALVOS EXPLORATÓRIOS (●); (b) DIAGRAMA COM INDICAÇÃO DA ZONA DE CISALHAMENTO PRINCIPAL (ZCP) E ESTRUTURAS DE SEGUNDA ORDEM



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul, apesar dos problemas conhecidos de imprecisões e ruídos, entende-se que o mesmo ainda pode ser utilizado com bons resultados, principalmente após as transformações feitas por BARMP (1997), tanto para mapeamento geológico como na prospecção mineral, através de técnicas de processamento e análise minuciosa dos dados, como tratamento por unidade geológica, composições RGB, sobreposições a MDT, perfis empilhados, aplicação de filtros, entre outros.

O tratamento dos dados gamaespectrométricos, através de perfis empilhados com a geologia e a topografia, transformados em mapas e imagens e sobrepostos ao MDT, além de mapas de anomalias pontuais ao longo das linhas do levantamento, permitiu, em conjunto, caracterizar o comportamento das ocorrências de ouro conhecidas, determinando suas assinaturas, e, através destas, sugerir zonas anômalas favoráveis à presença de alteração hidrotermal, possivelmente associadas a novas ocorrências na área.

O parâmetro F de Gnojek & Prichystal (1985) permitiu em conjunto com os demais dados, determinar três novos alvos exploratórios com assinaturas similares à do MCB em terra.

O método de Pires (1995), baseado na determinação do K e do U normalizados pelo tório, foi testado com sucesso na identificação de zonas com alteração hidrotermal da ocorrência do MCB, e na identificação de áreas igualmente potenciais.

A geofísica terrestre, através de caminhamento gamaespectrométrico na região do MCB, além das leituras realizadas nas encaixantes de sua principal ocorrência de ouro, possibilitaram a caracterização da assinatura radiométrica desta ocorrência.

Os dados geoquímicos de sedimentos de corrente disponíveis, tais como distribuídos e analisados, apresentaram menor importância em relação aos métodos geofísicos, tanto na caracterização das áreas mineralizadas conhecidas como na determinação dos novos alvos exploratórios.

A integração de dados realizada em ambiente SIG, através dos programas

ArcView e *Er Mapper*, permitiu estabelecer o relacionamento das variáveis georreferenciadas, uma a uma e agrupadas. O tratamento das variáveis gamaespectrométricas por unidade geológica, através de estatística básica e gráficos de correlação, mostrou-se um excelente método de discriminação das unidades e verificação de anomalias para seleção de alvos exploratórios.

As ocorrências do MCB, do Tigrano e do Braço da Cristalina, denotaram um importante controle estrutural, associado a zonas de transcorrências dextróginas,

Identificou-se uma morfoestrutura sigmoidal, bem evidenciada na imagem de satélite e no MDT. Apesar de pouco clara nos mapas magnéticos, apresenta coincidência em alguns trechos, marcados por quebras e descontinuidades EW nos traços mais marcantes NE. Zonas de transcorrências, formadas em regime rúptil-dúctil, marcam o sigmóide, sendo estas menos magnéticas do que as estruturas regionais NE associadas às primeiras fases de deformação impostas ao complexo Brusque, de caráter mais dúctil, e portanto mais magnéticas. A julgar pela forma e geometria de tal feição estrutural e pelos indicadores cinemáticos caracterizados na ocorrência do MCB e do Braço da Cristalina, pode-se supor que há uma associação das referidas ocorrências aos mesmos campos de esforços direcionais.

A assinatura gamaespectrométrica da ocorrência de ouro do MCB foi bem caracterizada, apesar do pequeno número de amostras ao longo da mineralização na zona de cisalhamento, por enriquecimento de K e U e do parâmetro F e relativamente baixas razões Th/K.

A intensa sericitização dos milonitos na zona de cisalhamento, junto aos veios e no granitóide encaixante, justifica os altos valores de K obtidos das análises geoquímicas e gamaespectrométricas, em relação a área investigada, indicando que pode ter havido uma concentração de K por processo hidrotermal durante o processo de alteração.

A experiência deste trabalho aponta para a necessidade de incrementar estudos semelhantes no Brasil, em depósitos minerais com bons controles geológico e geoquímico, no sentido de não apenas determinar suas assinaturas gamaespectrométricas, mas, sobretudo, propor novos alvos exploratórios.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ArcView GIS. Version 3.0 a, Environmental Systems Research Institute, Inc. Copyright 1992-1997.

AutoCAD. Release 14.0. Autodesk, Inc. Copyright 1982-1997.

BARMP. Brazil Airborne Radiometric Mapping Project. Technical Report and Survey Atlas. A collaboration between Peterson, Grant & Watson Limited (PGW), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) and Geological Survey of Canada (GSC). RJ. 1997.

BASEI, M. A. S. O cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. Tese (Doutorado), IG, USP, SP, 190p. 1985.

_____. O Grupo Brusque: Uma evolução monocíclica? In: XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, SBG. Anais... v.6, p.2549-2657. Natal, 1990.

_____. O Grupo Brusque - Uma unidade em provável terreno suspeito durante o Neoproterozóico. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, SBG. Anais... p.101-104. 1996.

BASEI, M. A. S. & TEIXEIRA, W. Geocronologia do Pré-Cambriano - Eo-Paleozóico de Santa Catarina. In: SILVA, L. C. & BORTOLUZZI, C. A. eds. Texto explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: DNPM/SCIME, p. 91-129. 1987.

BHATTACHARYYA, B. K. Continuous spectrum of the total magnetic field anomaly due to rectangular prismatic body. Geophysics, v. 31, p. 97-121. 1966.

BIDDLE, K. T. & CHRISTIE-BLICK, N. (eds). Strike-slip deformation basin formation, and sedimentation. Society of economic paleontologists and mineralogist. Tulsa, Oklahoma, USA. 1985.

BLUM, M. L. B. Processamento e Interpretação de Dados de Geofísica Aérea no Brasil Central e sua aplicação à Geologia Regional e à Prospecção Mineral. Tese (Doutorado), IG, UnB, Brasília. 229p. 1999.

BORBA, C. & LOPES, O.F. Geologia do Pré-Cambriano da Região de Piçarras - Balneário de Camburiú, no Estado de Santa Catarina. In: Simp. Reg. Geol., 4, SP. Boletim de Resumos.... SP: SBG, p.14. 1983.

BRIGGS, I. C. Machine contouring using minimum - curvature. Geophysics. Tulsa, v.39, n.1, p.39-48. 1974.

CAINZOS, R. L. P. Integração de dados geofísicos e geológicos de Cuba Centro-oriental: contribuições à cartografia e exploração mineral regional. Tese (Doutorado), IG, UNICAMP, Campinas. 253p. 2001.

CALDASSO, A. L. S.; CAMOZZATO, E.; RAMGRAB, G. E.; SILVA, M. A. S. Os Granitóides Valsungana, Guabiruba e Faxinaí no contexto dos metamorfitos do Complexo Brusque, SC. In: XXXV Cong. Bras. Geol., Belém, 1988. Anais..., Belém: SBG, v. 3, p. 1104-1116. 1988.

CALDASSO, A. L. S.; KREBS, A. S. J.; SILVA, M. A. S.; CAMOZZATO, E.; RAMGRAB, G. E. Programa Levantamentos Geológicos do Brasil. *Botuverá* (Folha SG.22-Z-D-I-2). Estado de Santa Catarina. Escala 1:50.000, Brasília: CPRM. 1995.

CARVALHO, M. T. N. Integração de dados geológicos, geofísicos e geoquímicos aplicados à prospecção de ouro nos *greenstone belts* de Pilar de Goiás e Guarinos, GO. Dissertação (Mestrado), IG, UNB, Brasília. 1999.

CARVALHO, P. F. & PINTO, E. A. Reconhecimento Geológico no Estado de Santa Catarina. Boletim DGM, RJ (92), 30p. 1938.

CASTRO, N. A.; FERREIRA, F. J. F.; PASCHOLATI, E. M. Informações contidas nas imagens digitais geradas a partir da gamaespectrometria do projeto aerogeofísico Serra do Mar Sul na região do Grupo Brusque-SC e imediações. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, SBG. Anais... v. 2, p. 400-402. 1996.

CASTRO, N. A. Contribuição ao conhecimento geológico-metalogenético associado aos granitóides intrusivos no Grupo Brusque (SC) com base em informações geológicas, aerogamaespectrométricas e Landsat/TM-5. Dissertação (Mestrado), Metalogênese e Geoquímica, IG, UNICAMP, Campinas. 1997.

CHAPPELL, B. W. & WHITE, A. J. R. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, v. 8, p. 173-174. 1974.

CORDEIRO SILVA, D.; MANTOVANI, M. S. M. Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul: Uma abordagem semi-quantitativa. *Rev. Bras. Geociências*, v. 24, n. 2, p.120-127. 1994.

CPRM. *Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul*. CPRM/GEOFOTO (Arquivo digital) Rio de Janeiro. 1978.

DICKSON, B. L. & SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors. In: Airborne Magnetic and Radiometric Surveys, AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, v. 17, n. 2, p. 187-200. 1997.

ER Mapper. Versão 6.1. Program Copyright Earth Resource Mapping Pty Ltd. 1999.

FERREIRA, F.J.F. & ALGARTE, J. P. O comportamento aeromagnetométrico-cintilométrico das principais rochas alcalinas dos estados de São Paulo e Paraná. In: 2º Simpósio Regional de Geologia, Rio Claro, SBG. Atas... v.2, p.195-208.

FERREIRA, F.J.F. Aerogamaespectrometria e aeromagnetometria de um trato ocidental do Pré-cambriano paulista. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – USP. 150 p. 1991.

FERREIRA, F. J. F.; FRANKE, N. D.; SILVA, F. V.; FORLIN, M. Identificação gamaespectrométrica de área de alteração hidrotermal na Região de Peixoto de Azevedo - MT. Apostila EXMIN 98/99 - Cursos de Aperfeiçoamento em Exploração Mineral, Brasília. 1998.

FERREIRA, F. J. F. & STEVANATO, R. Proposta de agrupamento de domínios gamaespectrométricos aplicada ao mapeamento geológico e à prospecção mineral. In: IV Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte. Anais ... BH: SBG. 1998.

FORNAZZARI NETO, L.; FERREIRA, F. J. F.; FORLIN, M. Integração geofísico-geológica da região de Tunas-Perau-PR. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, 1996, Salvador. Anais... SBG, v.II, p.382-384. 1996.

FORNAZZARI NETO L.; FERREIRA, F.J.F.; CAMPOS, A.F. Gamaespectrometria aplicada à prospecção de ouro na Folha Botuverá-SC. In: Seven International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Salvador, Anais... SBGf. 2001a.

FORNAZZARI NETO, L.; FERREIRA, J.F.F.; FORLIN, M.; ROSTIROLLA, S. P. Gamaespectrometria da ocorrência de ouro do Morro do Carneiro Branco - SC. In: Seven International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Salvador, Anais... SBGf. 2001b.

FRAGOSO CESAR, A. R. S. O Cráton do Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense, Camburiú, SC. In: XXXI Cong. Bras. Geologia, Balneário de Camburiú, 1980. Anais... Florianópolis: SBG, p. 2879-2892. 1980.

GEOFOTO. Projeto Serra do Mar Sul. Compilação e processamento de dados do levantamento aeromagnetométrico e aerogamaespectrométrico na região da Serra

do Mar nos Estados de Santa Catarina e Paraná. RJ: GEOFOTO/CPRM, 48p (Relatório Final). 1978.

GEOSOFT™. Versão 5.0, Geosoft Mapping and Processing System. Geosoft, Inc., Toronto. 1999.

GNOJEK, I. & PRICHYSTAL, A. A new zinc mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in northern Moravia (Czechoslovakia). *Geoexploration*, v. 23, n. 4, p. 491-502. 1985.

GOLD STANDARD MINAS S.A. *Avaliação preliminar da área do Morro do Carneiro Branco-SC*. (dados fornecidos). Curitiba, 1999.

GUNN, P. J. & DENTITH, M. C. Magnetic responses associated with mineral deposit. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, v. 17, p. 145-158. 1997.

GUNN, P.J.; MAIDMENT, D.; MILLIGAN, P. R. interpretação de dados aeromagnéticos em áreas de poucos afloramentos. *AGSO. Journal of Australian Geology & Geophysics*, v. 17, n. 2, p. 175-185. 1997

HARRIS, J. R.; NEILY, L.; PULTZ, T.; SLANEY, V. R. Principal component analysis of airborne data for lithologic discrimination using an image analysis system. In: Twentieth International Symposium on Remote Sensing of environment, Nairobi. *Resumos Expandidos*, p. 641-648. 1986.

HARTMANN, L. A.; SILVA, L. C.; ORLANDI F^O., V. O Complexo Granulítico de Santa Catarina: Descrição e Implicações Genéticas. *Acta Geológica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 3, n. 6, p. 93-112. 1979.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M. The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geociências*, v. 5, n. 4, p. 257-266. 1975.

HOOVER, D. B. & PIERCE, H. A. Annotated Bibliography of Gamma-Ray Methods Applied to Gold Exploration. *U.S.G.S. Open-Field Report*, p.90-203. 1990.

HSU, S. K.; SIBUT, J. C.; SHYU, C. T. High-resolution detection of geological boundaries from potential-field anomalies: an enhanced analytical signal technique. *Geophysics*, v. 61, p. 373-386. 1996.

IBGE. *Carta topográfica (SG-22-Z-D-I-2) escala 1:50.000*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, RJ. 1974.

IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. RJ. 1992.

ISAAKS, E. H. & SRISVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. NY: Oxford University Press, 560 p. 1989.

KAUL, P. F. T.. Origem do Granodiorito Valsungana no Norte do Estado de Santa Catarina. In: XXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto, 1976. *Anais...* SBG, p.283.1976a.

KAUL, P. F. T. Projeto Brusque - Serra do Taboleiro. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 165p. 1976b.

LUYENDYK, A. P. J. Processing of airborne magnetic data. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, v. 17, n. 2, p. 31-38. 1997.

MILLIGAN, P. R. & GUNN, P. J. Enhancement and presentation of air borne geophysical data. *AGSO Journal of Australian an Geology & Geophysics*, v. 17, n. 2, p. 63-75. 1997.

MINTY, B.R.S. Simple micro-levelling for aeromagnetic data. *Exploration geophysics*, v. 22, p. 591-592. 1991.

NABIGHIAN, M. N. Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transform: Fundamentl relations. *Geophysics*, v. 49, p. 780-786. 1984.

OSTROVSKIY, E. A. Antagonism of radioactive elements in wallrock alteration fields and its use in aerogamma spectrometric prospecting. *International Geology Review*, v. 17, n. 4, p. 461-468. 1975.

PETERS, L. J. The direct approach to magnetic interpretation and its practical applications. *Geophysics*, v. 14, p. 290-320. 1949.

PIRAJNO, F. **Hydrothermal Mineral Deposits - Principies and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist**. New York: Springer-Verlag, 1992.

PIRES, A. C. B. Identificação Geofísica de Áreas de Alteração Hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás. *Rev. Bras. De Geociências*, v. 25, n. 1, p. 61-68. 1995.

QUADROS, T. F. P. Integração de Dados em ambiente SIG para Mapeamento de Favorabilidade Mineral de Ouro na Ilha Cristalina de Riviera (Uruguai). Tese (Doutorado), Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre. 2000.

RIBAS, A. U. (Téc. Resp.). 2º Relatório de Pesquisa - 3ª Fase. Auropaula - Empresa de Mineração Ltda. Relatório interno. 1987.

RIBAS, A. U. Relatório Parcial de Pesquisa – área do Morro do Carneiro Branco. Florianópolis: DNPM. 1991.

ROEST, W. R.; VERHOEF, J.; PILKINGTON, M. Magnetic interpretation using the 3-D analytical signal. *Geophysics*, v. 57, p. 116-125. 1992.

ROSTIROLLA, S. P. Tectônica e Sedimentação da Bacia do Itajaí, SC. Dissertação (Mestrado), UFOP. 132p. 1991.

ROSTIROLLA, S. P. & FIGUEIRA, E. F. Associação de fácies turbidíticas do Grupo Itajaí, SC: Sedimentação de água profunda em uma bacia de antepaís. *Bol. Par. Geociências*, v. 43, p. 79-94, ed. UFPR. 1995.

ROSTIROLLA, S. P.; SOARES, P. C.; STEVANATO, R. Alguns aspectos da análise sistêmica aplicada à exploração: sistema petrolífero versus sistema formador de minério. In: XXXIX Cong. Bras.Geol., Salvador, 1996. *Anais...* Salvador: SBG, v. 5, p. 225-228. 1996.

ROSTIROLLA, S. P.; AHRENDT, A.; SOARES, P. C.; CARMIGNANI, L. Basin analysis and mineral endowment of the Proterozoic Itajaí basin, south-east Brazil. *Basin Research*, v. 11, p. 127-142. 1999.

SALAMUNI, R.; BIGARELLA, J. J.; TAKEDA, F. K. Considerações sobre estratigrafia e tectônica da Série Itajaí. *Bol. Par. Geogr.*, v. 4, n. 5, p. 188-201. 1961.

SAUNDERS, D. F.; TERRY, S. A.; THOMPSON, C. K. Test of National Uranium Resource Evaluation gamma-ray spectral data in petroleum reconnaissance. *Geophysics*, v. 52, p. 1547-1556. 1987.

SCHULZ Jr., A.; ALBUQUERQUE, L. F. F.; GIFFONI, L. E. Geologia da Quadrícula de Rio do Sul, SC. Porto Alegre: DNPM, 109p. 1969.

SCHULZ Jr., A.; ALBUQUERQUE, L. F. F.; RODRIGUES, C. S. Geologia da Quadrícula de Florianópolis, SC. Porto Alegre: DNPM, 75p. 1970.

SHIVES, R. B. K.; CHARBONNEAU, B. W.; FORD, K. L. The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry – recognition of alteration related to mineralization. In: Fourth Decennial international Conference on Mineral Exploration, Toronto, Canadá, *Anais...* 26p. 1997.

SILVA, F. V. Integração gamaespectrométrica-geológica da Folha Curitiba. Dissertação (Mestrado), Geologia Exploratória, Setor de Ciências da Terra, UFPR, Curitiba. 1999.

_____. Micronivelamento de levantamentos aerogeofísicos. Curitiba: LPGA. 42p. 2000.

SILVA, L. C. As seqüências metavulcano-sedimentares do tipo "Greenstone belt" e de cobertura do escudo catarinense. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, RJ, SBG. Anais... p. 2590-2598. 1984.

SILVA, L. C. Geologia do Pré-Cambriano/Eopaleozóico de Santa Catarina. In: SILVA, L. C. & BORTOLUZZI, C. A. eds. Texto explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: DNPM/SCTME, p. 11-90. 1987.

SILVA, L. C. & DIAS, A. A. Projeto Timbó - Barra Velha. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 282 p. 1981.

SOARES, P. C. Tectônica colisional em torno do Bloco Paraná, Brasil. In: VII Cong. Latino-Amer. Geol., Anais... Belém, v. 1, p. 63-79. 1988.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L.; ROSTIROLLA, S. P. A Geotectonic view of the Ribeira and Dom Feliciano belts. Rev. Bras. Geociências. v. 30, n. 1, p. 130-134, 2000.

STANLEY, J. M. Simplified gravity interpretation by gradients the geological contact. Geophysics, v. 42, p. 1230-1235. 1977.

STATISTICS. Versão 4.3, Copyright Statsoft Inc., 1993.

STEVANATO, R. Modelo exploratório para depósitos de chumbo e zinco na faixa Itaiacoca - PR/SP. Dissertação (Mestrado), Geologia Exploratória, Setor de Ciências da Terra, UFPR, Curitiba. 1998.

THURSTON, J. B. & SMITH, R. S. Automatic conversion of magnetic data to depth, dip and susceptibility contrast using the SPI (TM) method. Geophysics, v. 62, p. 807-813. 1997.

TONIOLO, J. A.; KIRCHNER, C. A. Mineralizações de ouro no RS e SC. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camburiú, SBG. Anais... p. 172-174. 1994.

TRAININI, D. R.; DIAS, A. A.; KREBS, A. S. J.; SOUZA, E. C.; CAPELETTI, I.; TONIOLO, J. A.; SILVA, I. C.; SILVA, M. A. S. **Projeto Vidal Ramos - Biguaçu**. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 303 p. 1978.

URQUHART, W. N. Decorrugation of enhanced magnetic field maps. In: 58th Annual Meeting of the Soc. of Exploration Geophysicists, Anaheim. **Anais1988**.

VACQUIER, V.; STEENLAND, N. C.; HENDERSON, R. G.; ZIETZ, L. Interpretation of aeromagnetic maps. Geological Society of America. **Memoir 47**. 1951.

VASCONCELLOS, R. M.; DA VINHA, C. A. G.; ORLANDI FILHO, V.; AZEVEDO, M. L. Análise de Agrupamento em Dados Aerogeo-físicos: Um Exemplo de Aplicação para Levantamentos Geológicos Básicos. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Natal. **Anais ... 1990**.

VASCONCELLOS, E. M. G. Laudo petrográfico. 1999.(Documento cedido pela empresa Gold Standard Minas SA.).